التلوث البيئي والهندسة الوراثية

د. علي محمد علي عبد الله

الكتاب: التلوث البيئي والهندسة الوراثية

الكاتب: د. علي محمد علي عبد الله

الطبعة: **2018**

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



5 ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : 35825293 – 35867576 – 35867575

فاكس : 35878373

http://www.apatop.com E-mail: news@apatop.com

دار الكتب المصرية

فهرسة إثناء النشر

عبد الله ، علي محمد علي

التلوث البيئي والهندسة الوراثية / علي محمد علي عبد الله

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

133 ص، **18** سم.

الترقيم الدولي: **8 – 625 – 446– 977– 978**

أ – العنوان رقم الإيداع : **25719 / 2018**

التلوث البيئي والهندسة الوراثية



إهداء

وإذ أعبر عن عمق شكري وعرفاني بالجميل لمن هم أصحاب فضل إلى

وطني الحبيب

أساتذتي وكل من علمني حرفا

أمي وأبي وأختاي

زوجتي وابناي رافع وكريم

المؤلف

تقديم

نحن نعيش بدايات القرن الواحد والعشرين بدرجات متفاوتة من خلال المعطيات التي نمتلكها من العلم والتكنولوجيا في معظم الفروع، مثل المواصلات والاتصالات وتنظيم الإدارة والنواحي العسكرية والفضائية وعلوم الكيمياء والطبيعة والتكنولوجيا الحيوية،

ونجد أن بعض الدول ينتج هذه المعطيات ليستهلكها ويصدرها وهو مستمر في تطويرها، حيث إنه يملك أدوات ذلك، والبعض الآخر يكتفي بمجرد المتابعة والنظر من بعيد، ومعظم الدول في العالم يمكنهم الحصول على هذه التكنولوجيات من السوق ليستفيد منها.

ولقد تزايدت مشاكل البشرية خلال هذا القرن بمعدلات متفاوتة ولكن هناك مشكلات عامة مثل اختلال التوازنات الطبيعية والجهل بالتعامل الإطلاقي مع الموارد الطبيعية ومشكلة التزايد السكاني ومشكلة التلوث البيئي (الماء والهواء والغذاء) ، واضمحلال طبقة الأوزون إن تركتنا من هذا القرن تركة ثقيلة، ولكن أسباب هذه التركة قد أقمناها بأيدينا، فنتيجة نقل التكنولوجيا الصناعية مثلًا، دون الإلمام الجيد بهذه التكنولوجيا أدى لحدوث التلوث الصناعي بصور ومعدلات متزايدة

وخطيرة، ولكن لو ناقشنا ثقب الأوزون فهو نتيجة عامة للتكنولوجيا الصناعية والزراعية على مستوى العالم.

ويجب أن نعلم أن القرن الحادي والعشرين قادم لا محالة كتقويم سواء بنا أو بغيرنا، ولكي لا تلعنّا الأجيال القادمة كان علينا أن نقف وقفة تأمل محاولين حل المشاكل المحيطة، ولو بدرجة تمنع تزايدها إن لم تكن تقللها بدرجات كبيرة ولكن متفاوتة.

ويشمل الكتاب ثمانية فصول كل فصل يختص بنوع من الملوثات، حيث يهتم الفصل الأول بتلوث البيئة بالمواد البلاستيكية والأفكار المقترحة للتخلص أو الحد منها، أما الفصل الثاني فيتناول بشيء من التفصيل التلوث البترولي وأفكار علماء البيوتكنولوجيا للحد من تأثيراتها المتنوعة على البيئة، بينما الفصل الثالث ناقش مشاكل الصرف الصحي وكيفية التخلص منه دون إضافة أي مواد أخرى ضارة على البيئة، والفصل الرابع ناقش تفاصيل مقتضبة عن أنواع المبيدات والأفكار المقترحة لإنقاذ البيئة من هذه الملوثات من وجهة نظر علماء البيوتكنولوجي، بينما ظل الفصل الخامس يناقش الملوثات الزراعية، حيث تناول بشيء من التفصيل الأسمدة الزراعية الكيماوية والجديد من السماد العضوي وعمل مقارنة مبسطة بينهما ثم عرض نتائج بعض التجارب في خفض تأثير هذه الملوثات على البيئة المحيطة، وينتقل الفصل السادس لمناقشة تأثير المنظفات الصناعية وتطورها وكيفية الحد من تأثيراتها المتنوعة، كما أفرد الفصل السابع لعرض ما يدور حول التلوث

البيئي بالقمامة، ثم نأتي للفصل الثامن الذي يناقش تطبيقات الهندسة الوراثية في مجال البيئة البحرية وزيادة الإنتاجية، ولم يفتنا إجراء بعض المناقشات والتطبيقات للهندسة الوراثية في مجال الزراعة في الفصل التاسع ولكن في عجالة.

مقدمة عن الهندسة الوراثية

جاءت تكنولوجيا الهندسة الوراثية كمحصلة طبيعية لثورتين علميتين، هما ثورة اكتشاف أسرار المادة الوراثية أي **DNA** وثورة اكتشاف إنزيمات التحديد **Restriction Enzyme** التي تقوم بقص **DNA** في مواقع محددة،

وبدأت الثورة الأولى عندما اكتشفت أسرار الشفرة الوراثية وقد تم ذلك في عام **1953**م عندما تم الكشف عن طبيعة (الجينة) على يد كل من (جيمس واطسن **James Watson**) و(فرانسيس كريك **Francis Crick**)، حيث اتضح لهما أن جزيء الـــ (د. ن. أ) يتألف من سلسلتين أو شريطين متكاملين من السكر والفوسفات والقواعد النيتروجينية، ويأخذ هذان الشريطان شكل الحلزون، إذا لا بد من عدد لا حصر له من هذه القواعد، على العكس!! فهناك أربع قواعد فقط لا أكثر، نعم أربع قواعد نيتروجينية وهي الثيمين **Thymine** والأدينين **Adenie** والسيتوسين **Cytosine** والجوانين **Guanine** ، وترتيب وتتابع هذه القواعد في صورة تباديل وتوافيق بواسطة روابط هيدروجينية ينتج عنه ثلاثة بلايين رابطة تمثل بلايين من الشفرات الوراثية، وكل شفرة لها وظيفة خاصة وتورث عبر الأجيال ولذا أطلق عليه اسم المادة الوراثية، إن من سر الله في خلقه هذه القواعد

الأربعة، ولله في ذلك شأن، ولتخيل عظمة إبداع الله في كونه فهل تستطيع عمل كتاب بين طياته ثلاثة بلايين كلمة مختلفة عن بعضها وليس به كلمة مكررة بواسطة لغة عدد حروفها أربعة حروف فقط، وجزيئات (د. ن. أ) هي لوح محفوظ يحمل المعلومات الكاملة اللازمة للتحكم في بناء البروتينات الضرورية لتوجيه العمليات الحيوية التي يؤدي مجموع تفاعلاتها في النهاية إلى تكوين الكائن الحي، بل نموه داخل وخارج الرحم، وبعد موت الكائن الحي يمكن الحصول على جزئي (د. ن. أ) وعمل نسخ له، فقد أمكن لعلماء الهندسة الوراثية إجراء دراسات جينية على كائنات العصور السحيقة مثل الديناصورات باستخدام بعض أجزاء متبقية منها في الحفريات، وخصص معمل للدراسات الجينية بمتحف التاريخ الطبيعي بإنجلترا، كما تمت دراسة بعض مومياوات أجدادنا الفراعنة.

وتمتلك نواة كل خلية من خلايا جسمنا دليل تعليمات (معلومات) يحدد وظيفة الخلية. وعلى الرغم من أن كل خلية تمتلك الدليل نفسه، فإن الأنماط الخلوية المختلفة (كالخلايا الجلدية والكلوية والعصبية مثلًا) تستعمل أجزاء مختلفة من هذا الدليل لوضع تفاصيل وظائفها، ويمكن تسهيل ذلك للقارئ، بالتشبيه كالنوتة الموسيقية للأوركسترا فرغم أنها نوتة واحدة إلا أن كل آلة موسيقية تلعب الجزء الخاص بها فقط بنغمات مختلفة عن الآلات الأخرى، ولعل أكثر الأمور إعجازًا احتواء هذا الدليل على معلومات تسمح للجنين ذي الخلية الواحدة (البيضة المخصبة)، بأن يصبح جنينًا، ومن ثم طفلًا وليدًا، ومع أن الطفل يتنامى في نضجه

الجسدي والعقلي، فإنه يستمر في استعمال المعلومات الموجودة في دليل التعليمات، ويتم في كل انقسام خلوي تضاعف الدليل بكامله بحيث تحوي كل من الخليتين الابنتين نسخة كاملة من دليل خلية الأم.

ويتألف جسم الإنسان من 60000 بليون خلية، إنه عدد ضخم يصعب تخيله، ولكن قد يساعد القارئ الكريم في تخيل هذا الرقم عندما ندرك أننا إذا اعتبرنا كل خلية في الجسم هي بمثابة طوبة، فإننا يمكن أن نبني سورًا كسور الصين العظيم يلتف حول العالم سبع عشرة مرة. وحجم الخلية يتحدد بحجم الكائن، وإن ثبت حديثًا أنه يوجد في الفأر بعض الخلايا أكبر في الحجم من بعض الخلايا في الفيل.

فالخلية بناء حي، وهي لا تنمو فقط وإنما تشكل أيضًا مصانع يتم فيها عدد كبير من التفاعلات الكيماوية، كما يتم من خلالها تبادل الإشارات، والواقع أن كل خلايا الكائن الحي تنشأ من خلية واحدة وفيما عدا الخلايا شديدة التخصص كالخلايا العصبية، فإن كل الخلايا تستمر في النمو والانقسام طول حياة الفرد، وتتضح لنا عملية الانقسام في الخلايا إذا تأملنا ظاهرة نمو الشعر والأظافر والتئام الجروح، ولكل خلية في جسم الإنسان نواة تحتوي على جزئي (د. ن. أ)، (فيما عدا كرات الدم الحمراء) ومدى تخليق (د. ن. أ) في أجسادنا مدى هائل.

تاريخ البيولوجيا:

كان الإنسان منذ بدء الحضارة، دون أن يدري، أخصائيًا في البيوتكنولوجيا (التكنولوجيا الحيوية). فقد استغل أنشطة كائنات حية دقيقة لم يكن يعلم بوجودها، في إنتاج مواد غذائية ومشروبات مخمرة (التخمير هي عملية بيولوجية لا هوائية) ، وعلى مر القرون تطورت الأساليب التي استخدمها لهذه الغاية على نحو تجريبي غير ثابت إلى أن بلغت درجة رفيعة من الكمال، ومع ذلك فإن البيوتكنولوجيا بمعناها الدقيق الذي ينطوي على الاستخدام العلمي للمبادئ البيولوجية في أغراض عملية، لم تظهر إلا في آخر القرن الماضي مع نشوء الميكروبيولوجيا وتطبيقها في أوائل ظهورها على عمليات التخمير الصناعية.

وفي هذا المقام سوف نستطرد ولكن في عجالة في التعريف ببدايات هذا العلم، ففي عام **1830**م حدثت أول خطوة كبيرة نحو حل لغز التكاثر البيولوجي، حيث اتضح أن الأنسجة مكونة من وحدات صغيرة سميت بالخلايا، وهي الوحدات الأساسية للحياة، وبعد عدة سنوات قليلة تبين أن كل جسم ينشأ من اتحاد خليتين أساسيتين هما البويضة والنطفة المنوية، ثم ما يلبث أن يحدث اندماج خلوي بينهما لتنتج بويضة مخصبة، تظل تنقسم وتنمو وتتنامى حتى يتم تكوين الجنين، وفي تطور في علم البصريات تم إنتاج وتطوير المجاهر مما أتاح دراسة المكونات الخلوية وخاصة نواة الخلية ومكوناتها، وفي طليعتها الكروموسومات، وفي عام

1865م ولدت الدراسة العلمية لعلم الوراثة على يد "مندل"، وكانت تهدف إلى توضيح كيفية توزيع هذه الصفات الوراثية على الأجيال الجديدة، واتضح آنذاك "أن كل كائن ينقل إلى نسله مجموعة من الوحدات الوراثية المسماة بالجينات **Genes**"، وكل جين يحدد صفة منفردة، لذا فإن المظهر الإجمالي للكائن يكون محكومًا بإجمالي الجينات التي نقلها إليه الأبوان.

وأصل علم البيوتكنولجي **Biotechnology** بدأ بعلم يسمى اليوجينيا عام **1883**م أسسه الرحالة البريطاني والفسيولوجي السير فرانسيس جالتون ليعنى بدراسة الظروف الأفضل للتكاثر البشري بغرض تحسين سلالة البشر، ولقد بدأ هذا الأمر في بدايته حميدًا إلى أن تناقلته عقول بشرية فحرفت أهدافه النبيلة لخلق ما يسمى بالجنس الفائق، كما حدث أثناء حكم النازية في ألمانيا، وفي عام **1897**م حدثت طفرة كبيرة في علم الكيمياء عندما تمكن العالم الألماني "إدوارد بوخنر" من اكتشاف ما أسماه بالإنزيمات، وكان ذلك بداية لعلم جديد يسمى حاليًا بالكيمياء الحيوية، ولكن الأمر لم يكن يتعدى الافتراضات وإجراء التجارب، أما البرهان القاطع فلم يكن موجودًا، ولذلك كان على العلماء أن يأخذوا بهذه الحقائق كما هي رغم أن قبولها كان يعني وضع عراقيل في طريق نظرية (التطور) ، ولكن نقطة التحول الأساسية حدثت عام **1900**م حين أعاد كل من (دي فريز) و(باتسون) وآخرين، اكتشافًا مهمًا في علم الوراثة، كان قد تم منذ أربعين عامًا مضت على يد الراهب النمساوي جريجور يوهان مندل (**1822- 1884 Gergor Johann**

Mendei) الذي كان يجري تجاربه على نبتة البازلاء ليكمل النقص الذي لاحظه في نظرية (دارون).

وإذا كان منتصف القرن الماضي وبدايات هذا القرن يسمى بعصر فيزياء الإلكترونات، فإن الشواهد العلمية التي ظهرت في السنوات العشرين الأخيرة تدل على أننا سندخل عصرًا جديدًا تنبأ بعض الباحثين بأنه سيكون "عصر البيولوجيا" فالبيولوجيا تبشر بالتوصل إلى اكتشافات أكثر أهمية وأشد خطورة مما توصلت إليه الفيزياء، ليس فقط بسبب تأثير هذه الاكتشافات على حياتنا من خلال تطويرها للطب وخلق علم جديد في مجال التغذية، وإنما أيضًا بسبب تأثيرها على مواقفنا وآرائنا حول طبيعة الحياة.

وفي عام **1926**م قام العالم "جميز سومنر" باكتشاف تركيب الإنزيمات، ووجد أنها بروتينات تشكل نسبة كبيرة من المادة الكلية المكونة للخلايا، وأن تركيبها الخاص يجعلها قادرة على ربط الذرات والجزيئات مما يجعلها من المسببات الأساسية لحدوث التنشيط والتثبيط لكل التفاعلات الكيموحيوية داخل الكائن، والتي هي بمثابة الأساس لاستمرار الحياة في هذا الكون، ومنذ الحرب العالمية الثانية حققت البيولوجيا تقدمًا مذهلًا، فلم تكد تمضي بضع سنوات حتى كانت الآليات الأساسية للحياة والوراثة على مستوى الجزيئات قد كشف النقاب فانفتحت بذلك آفاق لا حدود لها، وفي تطور غير مسبق اكتشف "إدوار تاتوم" سنة **1940**م أن الإنزيمات تصنع بواسطة الجينات، وفي عام

1949م أوضح "أوزوالد أفيري" أن الجينات توجه عملية تركيب الإنزيمات وليست هي المصنعة لها، بل وأن الجينات تتشكل من جزيئات من الحمض (د. ن. أ). وأول من عزل جزيء (د. ن. أ) من نواة الخلايا هو "فريدريك ميشز" عام **1868**م، وتستمر مراحل العلماء تغلي وتسكب في نهر المعرفة، واهتم علماء الوراثة بمعرفة طبيعة الجينات منذ الأربعينيات، وقد توالت جهودهم لإزاحة الحجاب الذي يستر معلومات كثيرة حول الوحدات التي تحملها الصبغات (الكروموسومات) وهي الجينات التي تحمل التراكيب والشفرات الوراثية للكائن الحي داخل نواة الخلية، والتي تنتقل من الآباء إلى الأبناء، وفي سنة **1953**م قام كل من جيمس واطسون وفرانسيس كريك باكتشاف طبيعة الجينات وتوصلوا إلى أن جزئي (د. ن. أ) **DNA** يتألف من جديلتان متكاملتان تتضافران في صورة لولب مزدوج أيسر، وهناك نقاط معينة في هذين الشريطين يلتقي كل منهما بالآخر، ولقد فتن جزيء د. ن. أ العلماء، كما فتن غير العلماء، إنه جزيء الحياة، إنه يوجه إنتاج كل البروتين، ومن ثم فهو ينسق كل التفاعلات البيوكيميائية التي تميز الكائنات الحية، وجمال الجزيء يكمن في بساطة تركيبه المتناسق، ولقد اعتبر عام **1953**م العام الرئيس في علم الحياة لما تم فيه من كشف لطبيعة تركيب الجين.

الهندسة الوراثية Genetic Engineering

تشكل الهندسة الوراثية جزءًا من "الثورة البيولوجية" الحديثة التي مرت خلال تطورها في بثلاث مراحل أساسية، كل منها يمثل علمًا قائمًا بذاته، وهذه المراحل هي:

1ـ مرحلة البيولوجيا الخلوية Cellular Biology

يهتم هذا العلم بدراسة العلاقات داخل الخلايا، والعلاقات بين الخلايا بعضها وبعض، وذلك أن الخلايا تشكل (مجتمعًا) داخل الأنسجة، إذ يتصل بعضها ببعض عن طريق تبادل الإشارات التي تعرضها المستقبلات الموضوعة على سطوح الخلايا، ولذلك فإن فهم تلك العلاقات مهم جدًا لتفسير آلية الاختلاف بين الخلايا، وفهم كيفية عمل الخلية وتأثيرها على صحة الإنسان، لأن الخلايا كما ذكرنا تشكل مجتمعًا داخل الأنسجة، وفي عام **1995**م بدأ أول بنك للأنسجة التي تستخدم في التجارب بدلًا من حيوانات التجارب، مما يثلج صدور جمعيات الرفق بالحيوان، وكذا تعطي نتائج مباشرة وأكثر دقة لأننا نعمل على أنسجة آدمية مباشرة، وإن كان هناك اختلاف بين التأثير الخارجي (في أطباق التحضير والتربي) والتأثير الداخلي للخلايا داخل الإنسان، وعمومًا فهي تجارب واتجاهات كانت أحلام في القريب، ولكن التقدم العلمي يذلل بقدر الإمكان كل ما يمكنه من معوقات ومشاكل تواجه الكثير من علماء البيئة وعلماء الكيمياء والعقاقير الطبية وغيرهم في تخصصات شتى.

2ـ مرحلة البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology

تعتبر البيولوجيا الجزيئية الآن مجالًا منفصلًا عن بقية فروع البيولوجيا، وقد اشتركت مجموعة من العلوم في تأسيسها، منها الكيمياء الحيوية **Biochemistry** والكيمياء العضوية **Organic Chemistry** وعلم الوراثة **Genetics**، والفسيولوجيا **Physiology** وهو "علم يحاول فهم آليات الحياة على مستوى الجزيئات والتفاعل بينها، سواء من الجانب الكيميائي أو الجانب الميكانيكي، ورغم أن هذا العلم لم يلق رواجًا– في البداية – في الأوساط العلمية والثقافية، فإنه فرض نفسه كعلم له أهميته في تحديد مصير الإنسان، وإيجاد الحلول لمشاكله الصحية، إذ إن الفكرة الأساسية التي يقوم عليها هي أن "طبيعة الكائن الحي يمكن أن تحدد بدقة كاملة على خط صغير من الرمز الجزيئي، والذي طوله ربع بوصة فقط، وهذا هو أساس اكتشاف البيولوجيا الجزيئية التي ترجع جذورها إلى الثلاثينيات من هذا القرن، وهي مرحلة من العلم تميزت بمحاولة فهم آليات الحياة على مستوى الجزيئات والتفاعل بينها، حيث أتاحت لنا هذه المرحلة من العلم ولأول مرة في تاريخ علم الحياة، معرفة القانون الكيميائي الضروري لانتقال وترجمة المعلومات الجينية، وهي مرحلة ثمرة نتائج بحوث علماء الوظيفة العضوية (الفسيولوجيين) وعلماء الكيمياء والوراثة، وبالرغم من وجود ما يقرب من 5 آلاف جهاز إنزيمي في أجسامنا ومهمتها إدارة شئون تلك الخلية ونقلها إلى الوضع المثالي، فقد زودنا الله عز وجل بما

يقرب من 2 كيلو من البكتيريا في أجسامنا للمحافظة على صحتنا فكيف لا تعتبر الحل وهي تساعد على حل مشاكل أجسامنا دون تدخل منا.

3ـ مرحلة الهندسة الوراثية Genetic Engineering

الهندسة الوراثية مرتبطة بمجموعة من التجارب العلمية التي ظهرت حديثًا في مجال البيولوجيا، وهي التحكم بالجينات **Genetic Manipulation** والاستنساخ الحيوي **Cloning** وإعادة تركيب الـــ (د. ن. أ) **Recombinant D.N.A** أي إعادة تركيب الحمض الريبي النووي المنقوص الأوكسجين الذي يحمل الصفات الوراثية للإنسان، وهي مجموعة من العمليات التي تدور في المختبرات في الوقت الحاضر، وتثير الرعب في المجتمع هذا العلم يشمل علم الغدد الصماء العصبية، حيث لا يقتصر البحث على الاتصالات داخل الخلايا وبينها، بل يتعدى ذلك إلى اتصالات الأعضاء بعضها ببعض، وتنظيم وتكامل النظام الكلي للإشارات المتبادلة بين الخلايا عن طريق الجزيئات التي تقوم بوظيفة المنظمات.

ولكن ما المقصود بتكنولوجيا الـــ (د. ن. أ) ؟ وما مدى أهميتها بالنسبة لنا كبشر؟ وإلى أي حد يمكن أن تؤثر هذه التكنولوجيا علينا ؟ إن هذا الحمض بمثابة الرسوم أو التصميمات الهندسية التي توجه عملية إنتاج البروتينات، وهي المواد الأساسية للحياة، فإذا لم يتكون البروتين لسبب ما وفقًا للتصميم المحدد، فإن الكائن الحي يصاب بمرض بسيط أو

خطير، وحاليًا يمكن تقديم هذه المرحلة من العلم على أنها التقنية الحيوية والذي يهتم بالجينات وعملية تحريكها وفصلها من خلية كائن وحقنها في خلية كائن آخر، لتصبح الخلية الجديدة أكثر قدرة على إنتاج أو تحطيم مركبات مختلفة والقيام بمهام مثيرة للعجب لم يسبق أن مارستها هذه الكائنات على مر آلاف السنين، وهذا هو جوهر الهندسة الوراثية، فعندما تنقسم الخلية تنفصل الجديلتين، وتجذب كل واحدة منهما العناصر الكيمياوية للقواعد الأوزوتية المتممة لها، فنحصل من جديد على البنية السلمية الحلزونية المزدوجة، وبهذه الطريقة تحتفظ الخلية الجديدة بالرموز الوراثية الموجودة في الخلية الأم، وقد كان لهذا الاكتشاف دور كبير في تأسيس "الهندسة الوراثية" وظهور عمليات إعادة تركيب الـــ (د. ن. أ) أو **Recombinant DNA** أو التحكم بالجينات **Genetic Manipulation**، وأخيرًا وليس آخرًا الاستنساخ الحيوي **Cloning** ، أما أول محاولة لدمج خلايا فقد تمت في سنة **1960**م في معهد (جوستاف) في باريس، حيث تم تحت إشراف البروفسور (جورج بارسكي) دمج خلايا فئران في أطباق خاصة مزودة بغذاء معقم، فكانت النتيجة هي التحام الخلايا واختلاطها مع بعضها البعض لتصبح خلية واحدة، ورغم أن الحدث كان جديدًا، فإنه لم يكن مقنعًا.

ولكن الحدث الأكبر جاء في سنة **1967**م حين توصل كل من د. ماري فايس، ود. هوارد جرين من جامعة نيويورك إلى دمج خلايا إنسان بخلايا فأر، وأعيدت التجربة مرة أخرى على يد مجموعة من العلماء، وهذه المرة لاحظوا أن خلية الفأر أو البرنامج الوراثي للفأر أكل البرنامج

الوراثي للإنسان بعد أن اتحدت الخليتان، وتم كل ذلك تحت دهشة العلماء ومخاوفهم، ولكن بعض العلماء يرجع ذلك إلى أن "انقسام كروموسومات الفئران المسجل عليها البرنامج الوراثي كان أسرع، والسريع يغلب البطيء، ولهذا أخذت كروموسومات الفئران زمام المبادرة من كروموسومات الإنسان.

واستطاع الإنسان أن يقرأ شفرة كل جين ويتعرف عليها، ثم استطاع تخليقها معمليًا، أو الحصول عليها من استخلاص (**DNA**) من أي كائن حي، أو حتى من الفيروسات، ثم بعمليات الجراحة الوراثية يقوم بإعادة ترتيبها في شفرات، أي جينات تماثل جينات الإنسان، وباستخدام وسائل التكنولوجيا الحيوية، استطاع الإنسان إدخال هذه الجينات إلى كائنات دقيقة كالبكتيريا، فتقوم بترجمة شفراتها إلى إنتاج بروتين بشري، وهكذا استطاع الإنسان برمجة البكتيريا بالهندسة الوراثية وتحويلها إلى مصانع بيولوجية صغيرة جدًا تنتج ما يطلبه الإنسان من بروتينات، وهرمونات، وإنزيمات، وكيماويات، ومضادات حيوية وأدوية، ولقاحات وأمصال ومنتجات غذائية وغيرها الكثير من المنتجات.

كيفية تحوير جزيء (د. ن. أ):

إنها عملية معقدة وتتطلب كثيرًا من المعلومات الكيميائية والكيموحيوية والطبية وعلم الإنزيمات وعلوم أخرى، ولكننا سوف نوجز هذه العملية في عدة سطور، وقبل أن نتكلم على كيفية إنتاج

سلالات محورة لا بد أن نعرف ما نحن بصدده فالجين هو جزء من جزيء (د. ن. أ)، الذي هو بدوره مكون من مكونات النواة بالخلية، بمعنى أننا لا نستطيع أن نرى خلية بالعين المجردة فما الحال في حالة التعامل مع مكون من مكوناتها، بل إنه جزء صغير من هذا المكون، وكما نعرف أنه عندما تبدأ الخلية في الانقسام ينفك الشكل الحلزوني لجزيء (د. ن. أ) ويتحول لشريطان متشابهان كطرفي سلم خشبي، أما السلميات العرضية فتمثل القواعد النيتروجينية، ثم كل شريط فردي يطبع له مثيله ليكون شريط مزدوج ويحدث الالتفاف الحلزوني، فك الشكل الحلزوني لشريطي (د. ن. أ) وتحولهما لشريطين متوازيين.

وأن كثيرًا من خطوات عملية تكوين السلالات المحورة تتم في أنبوبة اختبار دون أن نرى جزيء (د. ن. أ) وهذا يتطلب أن نكون على دراية كاملة بالكيمياء الفراغية لكل مركب كيميائي داخل الجزيء الذي نتعامل معه، وكذلك التسلسل الشفري لكل كائن وعملية تكوين السلالة المحورة تسمى بتكوين جزيء (د. ن. أ) محور **DNA Recombination** وتعتمد هذه العملية في الأساس الأول على الفهم العلمي والإحاطة بالصفات المطلوبة تطويرها في الكائن الجديد، ومعرفة الخريطة الكاملة للترتيب الجيني في كل من الكائن الذي سنأخذ منه الجين، (فكل جين عليه شفرة خاصة بوظيفة معينة) ، وكذلك الكائن الذي ستنقل له، لأن الجين المنقول لا بد أن يدخل في منطقة معينة من التسلسل الجيني، لعدم حدوث اضطرابات تحت خلوية، وعملية التحوير أو نقل الجين يعني إضافة شفرة جديدة مسئولة عن وظيفة معينة تكتسبها

السلالة الجديدة دون التغيير في الترتيب الشفري، وتنتقل هذه الصفة كصفة وراثية مكتسبة للجيل الجديد، ولن ندخل في تفاصيل كثيرة عن كيفية الحصول على الجين أو فك روابط جزيء (د. ن. أ) أو عملية فصل أو لحام الجين، أو قياس طول وعرض الجين المراد نقله، أو كيفية إحداث كسر بنفس طول الجين في الكائن المنقول له هذا الجين، ولكن يكفي أن نقول أن كل شفرة معينة في جزيء (د. ن. أ) يتم فصلها بإنزيم معين، بل ويختلف الإنزيم حسب اتجاه الفصل من موضع الربط $\overline{3}$ أو موضع الربط $\overline{5}$ كما أن عملية لحامها في شريط جديد من (د.ن.أ) يتم أيضًا بواسطة إنزيمات متخصصة، للتبسيط على المتلقي سنلخص عملية تكوين سلالات محورة في عدة نقاط رئيسة:

1- الحصول على خلية وحيدة من الكائن، ومنها نحصل على النواة ثم نحصل على المكونات التحت خلوية ثم نحصل على جزيء (د. ن. أ) الذي سيأخذ منه الجين.

2- يتم فك الحلزون (د. ن. أ)، وقطع دقيق للشريط عند منطقة تواجد الشفرة والتي تحمل الصفة المراد إضافتها لخلية الكائن.

3- تعاد الخطوات التي في الخطوة الأولى ولكن مع خلية من الكائن الذي سينقل له هذا الجين.

4- يتم فك الحلزون وإحداث قطع في شريط (د. ن. أ) مماثل لطول الشفرة (الجين) المراد إضافتها ثم يتم لحام الشريط مرة أخرى.

مقدمة في البيئة:

كثر في الآونة الأخيرة الكلام عن التلوث البيئي وهو مصطلح وإن تكون من كلمتين ولكن تعظم وتتعاظم معه المعاني والمفاهيم، ولفظ البيئة يطلق على كل ما هو خارج عن كيان الإنسان، وكل ما يحيط به من هواء يتنفسه والماء الذي يشربه والبحار والمحيطات، والأرض والكائنات الحية المتنوعة وكل شيء غير حي.

"(ظَهَرَ الفَسَادُ فِي البَرِّ وَالْبَحرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ)" (سورة الروم 41).

نعم إن كوكبنا أصابه المرض، وجاءت نتيجة فحص علماء البيئة أن حالة كوكبنا مؤسفة – إن كوكبنا كبيئة صالحة لاحتضان الحياة فقدت مميزاتها، وكانت أول خطوة هو تحديد أسباب مرض بيئتنا، وعلى سبيل المثال فإن بحر الشمال وهو أحد البحار التي في بيئتنا يتسمم ب 77 ألف طن من الرصاص و59 ألف من النحاس و31 ألف طن من الزنك و4400 طن من الزئبق، وهذه السموم التي تتسرب إلى جسم البحر تتوزع على مياه الدول المشتركة في الإطلال عليه، ولقد تضمنت تقارير أطباء البيئة بعضًا من الأعراض المرضية التي ظهرت على جسم بيئتنا، ومنها:

1- تقلص غطاء الأرض من الغابات بمعدل **41** مليون هكتار سنويًا نتيجة التلوث والأمطار الحمضية.

2- نضوب المخزون من المياه العذبة الصالحة للشرب.

3- تجريف التربة الزراعية بمعدل **15** مليون طن سنويًا.

4- التصحر.. حيث تلتهم الصحراء حوالي **27** مليون فدان من الأراضي الزراعية، نتيجة الإهمال.

5- انقراض العديد من أنواع الكائنات الحية في كل سنة، وبالأخص الأعداء الطبيعية للآفات.

6- حدوث ظاهرة أطلق عليها ظاهرة الصوبة **Green House** للكرة الأرضية مما أدى لزيادة ارتفاع درجات حرارة الأرض، بجانب حدوث ثقب الأوزون مما نتج كمحصلة لزيادة درجات الحرارة بمعدل **1,5- 4,5** درجة في السنة.

7- ارتفاع مستوى سطح البيئة المائية نتيجة ذوبان جليد قطبي الأرض نتيجة زيادة درجات الحرارة.

8- زيادة تركيز الملوثات العضوية والمعدنية ذات المصادر المتنوعة في مكونات بيئتنا الحبيبة (الماء والتربة والهواء والنباتات).

والتلوث هو معنى عام ومطلق ليس له حدود أو إطار يغلف المعنى بصورة علمية صحيحة، ويجب أن نعرف أن كلمة تلوث هي معنى مطلق

لما ألمّ بالبشرية والمخلوقات الأرضية من أضرار من فعل التقدم الإنساني، والآن بدا لنا أننا نعرف ماذا تعني كلمة تلوث، ولكن هناك ثمة فارق بين تداولها بالمعنى المطلق وتداولها بالمعنى المقنن، ولذا لا بد من معايير ثابتة حتى نقنن هذا المعنى المطلق، وقد باتت المؤسسات العلمية المتخصصة مثل منظمة حماية البيئة **EPA** ومنظمة الفاو **FAO** ومنظمة دول البحر المتوسط **MEDPOL** واليونسكو **UNESCO**، و لجنة علوم البحار **IOC** في وضع المعايير من خلال الدراسات والبحوث والاجتماعات وورش العمل الدائمة، والتي تحدد مستوى التركيزات الحرجة (الحد المسموح به) للملوثات الكيميائية المختلفة أو التعدادات الحيوية **Biotracer** كي تكون بمثابة الضوء الأحمر، وبداية الحدود لما نسميه بالتلوث، وإذا زادت تركيزات الملوثات عن هذه الحدود تعتبر تلوث، وقد وضعت المؤسسات تلك المعايير والتي يتم تغيرها سنويًا بناءًا على المستجدات في الساحة العلمية من تقدم في طرق أو تقنيات القياس لأنواع الملوثات المختلفة، وبناء على تلك المقاييس تم عمل الاتفاقيات الدولية للدول المشتركة في الشواطئ مثل دول البحر الأبيض، واعتمدت الميزانيات ببلايين الدولارات لعمل مسح كيميائي وحيوي للشواطئ للوقوف على مدى التلوث في كل دولة، بل امتدت الدراسات لتشمل ما يسمى بالتأثير المزمن **Chronic effect** للمركبات ومن خلال تلك الدراسات تم التعرف على المركبات المسببة للأمراض مثل السرطان والربو، حيث تتعرض الحيوانات وأسماك التجارب لتركيزات منخفضة

من الملوثات ولمدد طويلة وتلاحظ التغيرات التي تطرأ على مثل هذه الكائنات.

ومع حدوث تطور في إدراك وفهم العلاقة المتبادلة بين الإنسان والبيئة المحيطة به، فإن الملوثات تقذف إلى الآن في البيئة جزافًا بمئات بل وبألوف وملايين الأطنان يوميًا في الجو والبحر والأرض، وهنا يجب أن نضيف بعدًا هامًا عن التلوث، يتلخص في سلوك هذه الملوثات في البيئات المختلفة وعلاقة بعضها ببعض، فالملوثات لا توجد في صورة فردية، ولا تقف مكانها بل تنتقل وتنتشر خلال الوسط التي به بل وتنتقل من وسط بيئي إلى آخر، ولتقريب ذلك للقارئ ففي علوم الاتصالات تعرف الكرة الأرضية بأنها قرية صغيرة، وهذا لما وصلت له تكنولوجيا الاتصالات من تقدم حتى إنه يمكننا مواكبة أحداث العالم أولًا بأول من خلال وسائل الإعلام المرئية والمسموعة، بل ويصل قمة التقدم بعقد اجتماعات بين عدد كبير من الأفراد في أنحاء العالم في نفس الوقت باستخدام التليفون التليفزيوني، وهذا كله يعتمد على انتقال الموجات الكهرومغناطيسية عبر الأثير. ومن وجهة النظر البيئية فإن الملوثات بشتى صورها يمكن أن تنتقل من مكان لآخر من خلال الوسط الهوائي أو الوسط المائي أو بينهما، وكلمة انتقال الملوثات تعني أن الملوثات لا تحدها حدود بل تنتشر في أنحاء البيئة المحيطة فلا تقف الملوثات كلًا أمام مصدره، ويعتمد انتشارها على البيئة المحيطة وطبيعة الملوثات من حيث خواصها الطبيعية والكيميائية منفردة وكذا مجتمعة، ولا بد أن نعرف أيضًا أن ملايين الملوثات المتجمعة قد تعطي تأثير متضاعف على الكائنات عن ما إذا كانت منفردة، بل

وتزداد مشكلة التلوث تعقيدًا إذا علمنا أن الملوثات قد تتفاعل معًا، أو تتحطم، في ظل الظروف الطبيعية والحيوية للبيئة المحيطة وتنتج آلاف الملوثات ذات التركيب الكيميائي والخواص الطبيعية المختلفة عن الملوثات الأصلية، وقد تكون تلك الملوثات الجديدة أشد سمية من الملوثات الأساسية (الأم)، ولذلك لا بد لنا من فهم مصير الملوثات ومعرفة خواصها الجديدة، والتي تنتج من تجمعها معًا وكذلك تفاعلها مع البيئة المحيطة وعناصرها.

الدورات الأيكولوجية:

إن المتتبع لطبيعة العلاقات البيئية، يرى أنها علاقات مترابطة ومتكاملة، فكل نتيجة هي أيضًا سبب.. بمعنى أن فضلات الحيوانات تصبح غذاءً لبكتيريا التربة، وما تفرزه البكتيريا يغدو غذاء للنباتات، كما أن النباتات هي الغذاء الأساسي للحيوانات، وهكذا السلسلة الغذائية لا تعرف كلمة فاقد أو متبقي فهي منظومة مترابطة وسيمفونية راقية تعزفها الكائنات كلها بإذن ربها بدون إنتاج متبقيات تصدر صوت نشاز.

وهنا سؤال يطرح نفسه من أين جاء التلوث ؟ والإجابة بسيطة فإن الإنسان منذ الأزل اجتهد لتسخير الطبيعة لإشباع حاجاته وزيادة رفاهيته، فاستخدم الآلات والأدوات وبات يسخر التكنولوجيا للاستفادة بكل الموارد الطبيعية المتاحة، ومما لا شك فيه فإن النفايات الناتجة من التكنولوجيا كسرت تلك المنظومة من الدورات لعدم انسجامها معها،

لأن الإنسان لم يعرف أو يلم علمًا بالمنظومة البيئية الذي هو نفسه جزء صغير منها ويدور في فلكها، ونحن نلحظ مثلًا أن آلة معينة تنتج مادة ما، وبعد أن يخضع هذا المنتج للاستعمال، يتم طرحه جانبًا ولا يتبقى له أي معنى أو قيمة... بل يعد تواجده مشكلة... خذ البترول مثلًا فبعد أن يستخرج من باطن الأرض يتحول إلى وقود تعرفه الآلات، وينتج عنه أبخرة سامة تلوث الجو وتضغط على البيئة بمكوناتها... وهذا الحال ينطبق على كافة الفضلات التي تخلفها عمليات التكنولوجيا ونشاطات الإنسان، فهي جميعها بقايا سامة ومزعجة، وتشكل عبئًا على الكائنات المختلفة في البيئة، لقد كسر هذا الإنسان دائرة الطبيعة المغلقة وخرج على قوانينها وحول دوراتها اللامتناهية إلى مجرد حوادث فردية مستقلة عن بعضها... وهذا هو التلوث، وهناك العديد من مصادر التلوث وسوف نعددها على سبيل المثال وليس الحصر:

1- التلوث الناتج عن مياه الصرف، وما بها من ملوثات بكتيرية وفيروسية وكيميائية عضوية وغير عضوية.

2- المخلفات الزراعية وما بها من متبقيات لمركبات المبيدات والأسمدة والهرمونات السامة.

3- المخلفات الصناعية وما بها من مركبات سامة عضوية وغير عضوية.

4- المخلفات البترولية وما بها من كم من مركبات سامة ومسببة لأمراض السرطان.

وهكذا فإذا أردنا أن نعالج أوضاع البيئة المتردية والمنذرة بالأخطار والعواقب الوخيمة، فإن على الإنسان أن يعيد إقفال دوائر الحياة ويترك الطبيعة وشأنها... ولكن كيف السبيل؟؟ لا شك أنها مهمة صعبة، فالأزمة البيئية ليست نتيجة افتراض خطأ واحد يمكن إصلاحه بسرعة، بل إنها حصيلة قوى اقتصادية وسياسية واجتماعية كبيرة تشكل مسيرة التاريخ.

وإذا كان بعض العلماء يرون حلولًا لمشكلة التلوث تتمثل في إبطال عملية النمو التكنولوجي... فإن العلماء الأكثر موضوعية، ينادون بإعادة تقييم وتطوير التكنولوجيا وربطها بأساس علمي يناسب طبيعة الدورات البيئية، ولا شك أن أية خطة لخفض أثر التكنولوجيا، ينبغي أن تهتم في المقام الأول بتحويل البقايا والفضلات الصناعية والبشرية والحيوانية إلى مواد نافعة، فهذا من شأنه أن يحقق مكسبًا اقتصاديًا من طرف، وأن يؤدي للتخفيف من حدة التلوث التي وصل كوننا إليها، ومن هؤلاء العلماء الأكثر موضوعية هم علماء الهندسة الوراثية والذين يؤكدون ويؤمنون بقدرة اللعب بالجينات وتحريكها من خلايا كائنات لخلايا كائنات أخرى على سد الثغرة... وإكمال الدورة... ولديهم مبرراتهم.

الفصل الأول

المواد البلاستيكية Plastic materials

ها هو البلاستيك يصيب الحياة بلغته... ومن منا لم يسمع أو يعرف هذه الكلمة بل ويتعامل مع البلاستيك كل يوم، فلقد أصبح جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية...

يلازمنا في مأكلنا ومشربنا في سيارتنا ووسائل النقل المختلفة، وبدون أن ندري فهو يتسرب داخل أجسامنا... نعم... أجسامنا. فقد احتل مكان كل ما كان في الماضي يصنع من زجاج أو خزف أو بوروسلين أو عاج أو فيبر وحتى ورق التغليف... فمنه تصنع الأرضيات وستائر الحمامات وأغطية الأرائك ومقاعد السيارات وخراطيم المياه والملابس وعبوات لحفظ المياه واللبن، وأكياس لحفظ تغليف اللحوم والدواجن والأسماك والوجبات الجاهزة ومعاطف المطر والأطباق والأدوات المترلية، وأجزاء كثيرة من الأجهزة الكهربية والأدوات المعملية.

ولا تتعجب أيها القارئ العزيز، فقد أثبتت الاختبارات على آلاف الأشخاص أن دماءهم تحتوي على كميات متفاوتة من مادة الفثالات **Phthalates** والتي تشتق من الحامض العضوي الفثاليك، ويتم تقديرها بواسطة التحليل الكروماتوجرافي والذي يتيح لنا قياس تركيزات

منخفضة تصل إلى 10^{-9} من الجرام أي جزء في المليون، وهذه المواد البلاستيكية هي مواد شديدة الثبات وعالية المقاومة لأنواع التحطم المختلفة الحيوية وغير الحيوية في البيئة، وهذه المواد تدخل أجسامنا عن طريق الغذاء والماء والدواء وحتى الهواء، لتحدث تلوثًا تراكميًا متزايدًا مع الوقت لتصل لدرجة التسمم أو إتلاف الأعضاء الداخلية للكائن الحي، وهناك دراسات على العبوات البلاستيكية الخاصة بالأغذية ثبت من خلالها أن ثمة تفاعلات داخلية تحدث بين مادة العبوة والأطعمة وخاصة المواد المحتوية على المواد الدهنية والتي من السهل ذوبان المواد البلاستيكية فيها، ولقد لوحظ هجرة بعض الدهون من الغذاء إلى مادة العبوة وفي نفس الوقت تحدث هجرة عكسية، وأثبتت النتائج وجود علاقة خطية بين هجرة الدهون والهجرة العكسية (المواد البلاستيكية للمواد الغذائية)، وتتوقف معدل هذه الهجرة على درجة الحرارة المحيطة وطول فترة تخزين المواد الغذائية بالعبوة، وكلما زادت تلك العوامل زادت معدلات الهجرة، ولقد أصدرت دول العالم المتقدم قرارات بحظر تعبئة اللبن الزبادي ولبن الأطفال والزيت والصابون السائل وغيرها في عبوات بلاستيكية، ربما يدهشك أيها القارئ أن تعلم أن ثمة دراسات أجريت على حفظ الدم في الأكياس البلاستيكية، وقد تعرفنا من خلال نتائجها أن حفظ الدم في أكياس تسع 6 لترات، على درجة حرارة 5م لمدة أسبوعين، أدى لتسرب 0,25 جرام من مادة الفثالات إلى الدم وهي كمية لا يستهان بها وخاصة في عمليات نقل الدم، بل والأمر الأكثر إزعاجًا لنا أن مادة الفثالات ثبت انتقالها مع دورة الدم للأم من خلال

المشيمة للسائل المحيط بالأجنة في الأرحام لتصل الدم الجنين، الذي أصابته لعنة ملوثات تكنولوجيا الإنسان قبل أن يرى نور الحياة، فيا له من عالم فقد الإحساس بالرحمة على فلذات أكباده، حتى قبل أن يراها.

ولم تسلم الحياة البحرية من هذا الخطر المميت فقد نشرت أكاديمية العلوم الأمريكية إحصائية تفيد بأن وزن النفايات الصلبة التي تلقى في البحار والمحيطات يبلغ **14** بليون رطل سنويًا، بمعدل أكثر من **1,5** مليون رطل في الساعة ويمثل البلاستيك **10%** من هذه الكمية من المخلفات الصلبة، وقد بلغ إنتاج الولايات المتحدة من المواد البلاستيكية حوالي **70** بليون رطل في عام **1990**م، ولقد وجد أن خيوط الألياف البلاستيكية تعمل على سد خياشيم التنفس للأسماك مما يؤدي لموت جماعي لهذه الأسماك، وعند دخولها لجسم الأسماك تؤدي لحدوث إصابات بالغة في أجهزتها الداخلية وتغير في ميتابولزم (عملية الهضم) المواد الكربوهيدراتية، وتزيد نسبة الجلوكوز في الدم لزيادة الضغط التلوثي عليها، مما يؤدي لحدوث زيادة مطردة في حركة السمكة بطريقة هستيرية وكذلك تفقد توازنها في عمود الماء لتعوم في اتجاهات مختلفة في نفس الوقت مما يضعف قوتها، كل هذه الأعراض تؤدي في النهاية لتقليل الإنتاج السمكي وخفض القيمة الغذائية للأسماك.

ولم تنجُ الشعاب المرجانية من خطر التلوث بالمواد البلاستيكية، فهذه الشعاب ليست إلا تجمعات متعاونة من الحيوانات والطحالب البحرية الدقيقة ذات ألوان متعددة وخلابة، إنها لوحة ربانية لا ترى فيها

من نشاز أو ألوان صاخبة، إنها نغم منظوم، وتتمتع الكائنات التي تتعايش في هذه البيئة بالتعاون المطلق فيما بينها فهي توفر المأوى والطعام لعشرات من الكائنات النباتية والحيوانية الأخرى، فماذا إذا التفت أكياس البلاستيك حول هذه الشعاب، وغطتها علب الطعام والمشروبات والمنظفات البلاستيكية الفارغة ؟ لا شك في أن ذلك سيحرم الشعاب من ضوء الشمس، ومن التيارات المائية المتجددة الداخلة والخارجة منها وإليها، والتي تحمل الطعام والأوكسجين وهل بعد ذلك إلا الهلاك، وتقدم الكثير من المؤسسات العالمية العلمية ملايين الدولارات لإجراء البحوث في كيفية التخلص من هذه الملوثات الصلبة، وخاصة في مناطق الشعاب ذات الجذب السياحي والعائد الاقتصادي الكبير، ونأخذ مثال لمناطق الشعاب في أندونيسيا وأمريكا فهم يعانون من هذه الظاهرة، وإن كنا في مصر لم نعانِ منها حتى الآن في البحر الأحمر ولكن لا بد من الرصد اليومي لمثل هذه الظاهرة لشواطئنا بالبحر الأحمر.

ونأتي للمفاجأة التي يتعجب لها كل من يعرفها فقد أعلنت وزارة الصحة الإنجليزية أن سبب ارتفاع عدد الوفيات من الأطفال الرضع الفقراء هو استخدام مراتب مستعملة **Second Hand** مصنوعة من الإسفنج الصناعي، والذي يدخل في تركيبه الألياف البلاستيكية والتي يحدث لها تحطم نسبي نتيجة الاستعمال السابق، وينتج عن أثره مواد متطايرة تسبب الاختناق أثناء النوم للأطفال، ولقد أوصت وزارة الصحة بإنجلترا أن تكون المراتب الخاصة بالصغار من القطن.

وقد اشتق لفظ البلاستيك من كلمة أخرى هي "البلاستسين" وهي كلمة تطلق على نوع من الصلصال سهل التشكيل، والبلاستيك يخلق من مركبات عضوية مكلورة وغير مكلورة ذات أوزان جزيئية كبيرة جدًا، تتكون جزيئاتها من سلاسل طويلة من مركب واحد في صورة متكررة ترتبط فيما بينها بروابط كيميائية تحت ضغط وحرارة عالية، لتكون ما يسمى بالبوليمرات **Polymers** وأشهر هذه البوليمرات هي "البولي فنيل كلوريد" أو ما يطلق عليه **PVC** ويضاف لعجينة المواد البلاستيكية مواد تمثل من **40- 60%** من العجينة الكلية، وهي عبارة عن مواد مثبتة ومستحلبات ومضادات للأكسدة، وهي التي تكسب البلاستيك الخام الليونة وطول العمر ومقاومة الأكسدة، ومنع تكوين شحنات كهربية عليه وغيرها من الخواص المرغوبة، ويوجد أكثر من خمسين نوع من البلاستيكيات ولكن جرت عادة المتخصصين في البوليمرات على تقسيم البلاستيك لنوعين أساسيين، نوع مقاوم للحرارة ولا يلين، ونوع يلين بالحرارة، ويمكن تلخيص طرق تحضير البوليمرات إلى:

1- بلمرة المركبات غير المشبعة: وتتم إنتاج مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة باتحاد جزيئات عديدة من المادة الأولية دون تكوين أي مواد جانبية، ومن أمثلة ذلك بلمرة الأوليفينات بواسطة التسخين أو بواسطة الأحماض المعدنية، مثل حامض الكبريتيك أو الفوسفوريك أو بواسطة الأملاح مثل كلوريد الألومنيوم، ويستخدم هذا النوع في تحضير المطاط الصناعي والألياف الصناعية.

2- تكثيف المركبات المحتوية على مجموعة أو أكثر من المجموعات النشطة (مثل الهيدروكسيل أو الأمين): ويكون تكوين البوليمر مصحوبًا بتكوين مواد لها وزن جزيئي منخفض مثل الماء والكحول والأمونيا.

ويكمن خطر المواد البلاستيكية في كونها مواد مقاومة للتحطم الميكروبي... وخاصة الأنواع المتكونة من بوليمر مكلور، ومن ثم فقد تراكمت البلاستيكات لتصنع تلالًا توشك أن تغطي الكرة الأرضية... ولكن ماذا يحدث إذا تخلصنا منها بالحرق؟؟ إن خطرها سيزداد ويصبح أشد قوة، بل إنه بمثابة إخراج مارد الفانوس من محبسه، إذ ينتج عن حرقها حامض قوي جدًا هو حامض الهيدرو كلوريك **HCl** وكذلك مركبات شديدة السمية، وأكثر هذه المواد الناتجة عن الحرق مسببة للسرطان كما أوصت هيئة الصحة العالمية **WHO**.

زراعة البلاستيك

وقد وجهت البحوث حاليًا لمحاولة إنتاج مركبات تماثل خواص البلاستيك ولكنها سهلة التحطيم بواسطة الكائنات الأولية، وبينما تميل الحيوانات إلى تخزين الطاقة في الدهون، والنباتات تحتفظ بمخزون الطاقة متمثلًا في النشا، ولكن الحال يختلف في البكتيريا،

إن المادة التي تختزن الطاقة بالبكتيريا عبارة عن حبيبات، وبدراستها ثبت أنها تنتمي في الواقع إلى اللدائن، أي البلاستيك ولكن نوع اللدائن قابل للتحلل في الهواء، بفعل البكتيريا- أيضًا- والفطريات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ومادة بالية، مع احتفاظه بنفس قوة تحمل ومتانة وثبات حال البلاستيك الصناعي.

وأخرجت إحدى مؤسسات الصناعات الكيماوية الإمبراطورية بإنجلترا، من جعبتها سلالة بكتيرية (الكاليجينس أيو تروفاس) لها قدرة فائقة على تحويل السكر إلى "بولي إستر بكتيري" يشبه في صفاته الطبيعية مادة البلاستيك إلى حد كبير... وقد توقف علماء البيولوجيا الجزيئية أمام هذا الكائن الذي يصنفه علماء الحياة في قائمة الحيوانات الدنيا، ويحاولون التوصل للاستفادة من نشاط هذه البكتريا التخزيني في إنتاج البلاستيك على نطاق تجاري، وهي تنتج مثل هذه المواد المعقدة بمعدل

أسرع ودرجة نقاء أعلى، مما يمكن لأفضل الكيميائيين البشر إنتاجه في المختبر ومزود بأفضل الأجهزة.

ولقد تلقف علماء الهندسة الوراثية هذا الميكروب المعجزة وراحوا يطورونه عن طريق التعديل الجيني، وبالفعل تم إنتاج سلالة محسنة تعطي إنتاج أوفر من مادة البولي إستر البكتيري والذي يتكون من نوع طبيعي من البوليمرات يسمى "بولي هيدروكسي بيوتيرات" **PHB** ليحل محل البلاستيك، ويصل إنتاج هذا الكائن البكتيري من هذه المادة إلى **80**% من وزنه الجاف.

وحاليا يعكف العلماء على التحسين من خواص هذا البلاستيك الطبيعي بتغيير البيئة التي يتم تربية البكتيريا عليها، والمدهش حقًا أن علماء البيئة أبدوا ارتياحهم وترحيبهم بالوافد الجديد... فهو مادة سهلة التحطيم بالميكروبات، فمجرد دفن عينات منه في التربة تتحلل تمامًا في فترة مشابهة لتحلل الورق، ووجد أحد الباحثين في إحدى الشركات الكيماوية البريطانية أنه يمكن التحايل على هذه الكائنات لتصنيع مادة لدنة أكثر تماسكًا ومرونة تصلح لإنتاج أنواع من اللدائن تدخل في صناعة الزجاج والأواني البلاستيكية، ولكن المفاجأة جاءت فقد وجد أن إنتاج هذه البكتيريا من هذه اللدائن وصلت **20**% من إنتاجها الأساسي من اللدائن الهشة.

وتم نقل الجين المسئول عن إنتاج مثل هذه اللدائن لبكتيريا أخرى هي بكتيريا أشريشيا كولاي، وبدأت تنتج هي الأخرى هذه اللدائن

بصفات محسنة، ولكن لا تصل لعمل مصانع لإنتاجها على المستوى الإنتاجي، وقد نجح فريق من العلماء في مجال الهندسة الوراثية في عمل هجين بكتيري بين البكتيريا المنتجة للدائن طويلة السلسلة واللدائن قصيرة السلسلة، لإنتاج مادة بلاستيكية جديدة ذات خواص غير مألوفة، لقد بعث علم الهندسة الأمل في إنتاج مواد طبيعية سهلة التفاعل مع البيئة وتنسجم مع الدورات الأيكولوجية، فمرحبًا بها في عالمنا المجنون بكل الجديد والحديث.

ولم تقف طموحات علماء الهندسة الوراثية عند إنتاج اللدائن من البكتيريا، بل إنهم أجروا تجارب على نقل الجين المسئول عن إنتاج هذا البلاستيك الطبيعي إلى الشريط الوراثي لعائلة من النباتات الراقية، وبدأت التجارب على النباتات التي تخزن النشا كغذاء مثل البطاطا وبنجر السكر وتعديل مخزونها من النشا لمخزون من المواد البلاستيكية الجديدة، ولكن ثمة أفكار وعقبات والأفكار تتقدم والعقبات تتذلل، ولكن لا يملك أحد أن يحدد تاريخًا في المستقبل القريب لزراعة البلاستيك.

الفصل الثاني

التلوث البترولي Oil Pollution

البترول هي مادة هذا العصر، فهو أهم مصدر من المصادر الحيوية للحصول على الطاقة بجميع أنواعها في الوقت الحاضر، وكذا فله تأثير كبير من النواحي الاقتصادية،

فنجد أن مكوناته من المركبات تعتبر مواد أولية في العديد والعديد من الصناعات بصورة مباشرة وغير مباشرة، مثل البلاستيك (المادة البديلة للمعادن والزجاج والخشب)، والمطاط الصناعي (يصنع منه إطارات السيارات، الأحذية، الخراطيم، مشمع الأرضيات)، والألياف الصناعية (تدخل في صناعة الملابس، والسجاد وأقمشة التنجيد المتنوعة)، والمنظفات الصناعية (الأيونية، والكاتيونية، والأمفوتيرية، وغير الأيونية)، والمبيدات بكل أنواعها (الحشرية، والفطرية، والأكاروسية، والفطرية، والحشائشية، ومبيدات القوارض)، والأصباغ والمذيبات وزيوت التزييت، بل ودخل في تصنيع بعض الأغذية، أي أن البترول ومنتجاته متغلغلة في استخداماتنا اليومية، وكثيرًا منا لا يعلم أن هذه الشمعة الصغيرة ذات الألوان المزركشة الخاصة بأعياد الميلاد مصنعة من مواد بترولية، وبالرغم من هذه الاستخدامات القيمة للبترول ومكوناته إلا أن

معظم هذه المركبات لا تتكيف معها البيئة، بل وتبقى إما في الهواء أو في الماء أو حتى في الأرض وقاع البحار للعديد من السنوات، ولا يحدث لها تحطم وبالتالي أصبحت هذه المركبات تمثل مشكلة بيئية كبيرة وتلقي بظلالها السوداء على مكونات بيئتنا الحبيبة.

وكثيرًا ما سمعنا أن مياه وقاع البحار والمحيطات ما هي إلا مستودع لملوثات ونفايات العالم الصلبة والسائلة وكذلك الغازية (بعد ذوبانها في مياه الأمطار)، ولكن إلى متى تحتفظ البحار والمحيطات بما تمتلكه من كائنات متنوعة بقدرتها على هضم الفضلات والملوثات، وتمتصها خلال الدورات البيولوجية!!؟ وتتزايد ثورة بركان هذا السؤال ويومًا بعد يوم، مع تفاقم المشكلة البيئية وظهور البؤر التي تنبئ عن مرض البحار والمحيطات بالتلوث، ومن ثم فلنا هنا وقفة تأمل مع التلوث البترولي للبحار، الذي انضم لرفقاء السوء من شتى الملوثات التي ابتليت بها بحار العالم ومحيطاته. وسوف نسترق بعض السطور للتعريف في عجالة بكلمة بترول، فهي كلمة عامة لمئات بل وآلاف المركبات الكيميائية المتنوعة والمختلطة، وللتسهيل والتبسيط على القارئ غير المتخصص فهي تبدأ من الغازات الطيارة إلى البنزين، مرورًا بالمواد الشمعية ومنهية بالقار أو الأسفلت، وتنقسم من الناحية الكيميائية لعدة مجاميع:

1- **البارافينات**: وهي مركبات هيدروكربونية ذات سلاسل أليفاتية مستقيمة ومتشعبة، مشبعة وغير مشبعة، وبزيادة طول السلسلة تزداد درجة غليانها وتقل قدرتها على التطاير.

2- **النفثينات**: وهي مجموعة من مركبات حلقية بسيطة، وقد تستبدل ذرات الهيدروجين بالنيتروجين أو الأوكسجين أو الكبريت وتسمى بالحلقات غير المتجانسة.

3- **الحلقات العطرية**: وهي مركبات أكثر تعقيدًا من ناحية التركيب الكيمائي، حيث ترتبط الحلقات معًا مكونة معقدات حلقية تسمى **Polycycli compounds** وتشير أصابع الاهام لهذه المجموعة من المركبات أنها مسببات للأمراض السرطانية.

4- **الأسفلت** وهي مركبات ثقيلة يصل وزنها الجزيئي **100,000** وهي غير معروفة التكوين بدقة إلى الآن، ولها درجات غليان عالية ومتباينة وهي مركبات صلبة وتحتوي على مركبات هيدروكربونية شمعية، ومركبات غير هيدروكربونية مثل النيتروجين والأوكسجين والكبريت والمعادن الثقيلة المختلفة.

إن الأمر جد خطير فلا يقتصر أمر التلوث البترولي للبحار على المواد البترولية الناتجة من إلقاء مياه موازنة ناقلات البترول (مياه الصابورة) أو التسرب الناتج أثناء وبين ضخ البترول الخام للناقلات **Tanker** المختلفة، فكثيرًا ما تعرضت المسطحات المائية للتلوث البترولي بسبب حوادث تصادم ناقلات النفط أو انفجار آبار النفط...

وبالرغم من تنوع مصادر التلوث بالبترول إلا أنه قد قدر بشكل عام **3,2** مليون طن متري وتعتبر عمليات النقل البحري أعلى مصدر

للتلوث البترولي، حيث تساهم بنسبة من 46- 50% من الكمية الكلية 3,2 مليون طن، وأن لدينا ذكريات مؤلمة حزينة لحوادث متفرقة شهدها بحار العالم لعل من أهمها حادثة الناقلة بوري كانيون التي وقعت في مارس 1976م قرب الساحل البريطاني ونتج عن ذلك تسرب ما يقرب من 100 ألف طن من الزيت الخام، وكذا غرق الناقلة العملاقة cadiz Amoco بالقرب من شواطئ فرنسا الشمالية في شهر مارس لسنة 1978م حينما تكونت أكبر بقعة زيت عرفها التاريخ حيث بلغ عرضها 30 كيلو مترًا وطولها 150 كيلو مترًا وتسببت في تلوث مؤلم للشواطئ وخربت الثروة السمكية وحرمت المنطقة من الموارد المادية لأهلها نتيجة جموع السياح الذين طالما استمتعوا بروعة طبيعتها، وفي أغسطس 1983م فوجئ العالم بكارثة جديدة بانفجار الناقلة الإسبانية كاسبللو دي بليفر والتي كانت حمولتها 271,540 طن، وقد حدث انفجار عند ميناء كيب تاون حيث انفصلت المؤخرة وغرقت ونتج عن ذلك بقعة من الزيت طولها 20ميل وعرضها 3ميل على مقربة من ساحل جنوب إفريقيا بحوالي 25ميل.

وإليك ما يزيد الفؤاد حزنًا- فهل تعلم أن البحر المتوسط الذي تبلغ مساحته 1% فقط من مساحة بحار ومحيطات العالم- يحتوي على 50% من كل النفط والقار الطافي على سطح المياه في العالم؟ ، ولعلنا نتذكر بكل أسى ما شهده الخليج العربي في أكتوبر عام 1980م حينما انفجرت أحد الحقول النفطية البحرية على مقربة من السواحل السعودية... وتدفق حوالي 80 ألف برميل، وتكونت بقعة زيت بطول

95 كيلو مترًا... وفي الفاتح من مارس **1983**م تعرض حقل بترول "نوروز" الإيراني لعمليات عسكرية بسبب الحرب بين العراق وإيران، مما أدى لتسرب أكثر من نصف مليون برميل خلال **3** شهور، أو ما فعلته العراق ببترول الكويت بإغراق ماء الخليج بسبعين مليون جالون في حرب الخليج في سنة **1991**م، ويعكف علماء البيئة على المستوى العالمي لرصد الظواهر ويحذرون من التلوث البترولي خاصة وأن الطرق البحرية التي تسلكها الناقلات تكون مركزة على طول الرصيف القاري في المياه القريبة من السواحل، وهي كلها مناطق ذات أهمية خاصة للإنتاجية البحرية سواء من الغذاء الأساسي للكائنات البحرية، أو شتى المنتجات الاقتصادية الأساسية، حيث تعتبر هذه المناطق مصايد أسماك ومحارات ذات أهمية عالية، مما يمثل خطرًا اقتصاديًا وبيئيًا لا محالة، وتعتمد المكافحة الميكانيكية لمثل هذه البقع الزيتية على محاصرتها باستخدام أجهزة ومعدات خاصة، مع الاستعانة بالجرافات والكانسات، وإن كانت هذه التقنية تستغرق وقتًا طويلًا، حتى أن جزءًا كبيرًا من هذه البقع الزيتية تعاني من عوامل المناخ وتتشتت وتتبخر وتتحطم ضوئيًا، أو بفعل التيارات البحرية مما يزيد من صعوبة عملية المكافحة الميكانيكية، وقد دفع هذا الابتكار طرق كيميائية أكثر كفاءة وسرعة.

وقد تم بالفعل إنتاج مركبات كيميائية تسمى بمواد التفتيت وحينما ترش على بقع الزيت، تقضي على خاصية التجاذب السطحي بين جزيئات البقعة (الواسعة التنوع في التركيب الكيميائي) ، وكذلك بين جزيئات البقعة وجزيئات ماء البحر... وتتفتت البقعة لجزيئات دقيقة ما

تلبث أن تتجمع سويًا مكونة جزيئات كبيرة متعددة الطبقات فتزيد كثافتها وتغرق في البحر لتصل للقاع، إذًا فهي لا تقضي على التلوث وإنما تحجبه عن الأنظار بل نحن نزيد التلوث الكيميائي لإدخالنا لمثل هذه المركبات (مركبات التفتيت) في البيئة البحرية، والتي قد ثبت عن طريق العديد من التجارب أن لها تأثيرات ضارة على الكائنات البحرية.

وتحضرني هنا قصة واقعية توضح التأثير الضار لمثل هذه المركبات، ففي 28 ديسمبر 1993م شطحت إحدى السفن الضخمة على إحدى جزر الشعاب المرجانية بمحمية رأس محمد، وفي الصباح الباكر ومعتمدة على المد بالبحر الأحمر قامت بإلقاء كمية كبيرة من حمولتها من الوقود وطفت مرة أخرى وحاولت الهرب، وقد كنت على رأس الفريق البحثي الذي انتقل للمكان، وقد تبين لنا أن أحد الشركات قامت على الفور باستخدام مواد التفتيت والتي أنهت وجود بقعة الزيت على سطح البحر، وانتهت المشكلة من الناحية الأمنية والإعلامية، ولم تمر إلا ساعات وجهزنا أنفسنا للغوص، وبالعين المجردة، تعرفنا على جرم ما حدث، إنها مناظر درامية تدمى لها القلوب والعيون، فقد كان تأثير اصطدام السفينة بالشعاب تأثيرًا كبيرًا فقد أحدث بعض التهتكات والكسور والأضرار بقواعد هذه الشعاب، وقد قدر التعويض المالي بمليون دولار وتحتاج الشعاب مائة سنة لاستعادة كامل حيويتها، ولكن هذا التأثير لا يقارن أمام فعل هذه المواد الفتاكة المفتتة، فقد قضت تقريبًا على معظم المجاميع الحية في هذه الشعاب، وبدلًا من الزي المزركش المبهر والألوان الربانية الخلابة فقد باتت الشعاب تلبس رداء أسود داكن ذو رائحة كريهة حزنًا

على آلاف الأحياء الدقيقة والأسماك التي ماتت من تكنولوجيا الإنسان، الذي بات كالنعامة.

وقد نشطت جهود البحث عن أفضل طرق المكافحة، وقد تم إنتاج مواد تسمى الإسفنج الاصطناعي وهي مادة كيميائية ترش على بقع الزيت فتتشبع ذراتها بالزيت دون الماء، وتنتفخ وعندئذ يسهل جرفها ليعاد اعتصارها والاستفادة من الزيت مرة أخرى، وهي طريقة مفيدة اقتصاديًا وبيئيًا، وتطبق حاليًا بكثرة في الموانئ وأرصفة التزود بالوقود وأرصفة شحن البترول.

والآن، ماذا في جعبة علماء الهندسة الوراثية لنا للقضاء على تلوث البحار بالبترول؟ الحقيقة إن لديهم الكثير والكثير من الأفكار المدهشة... واحدة من هذه الأفكار هي تخليق بكتيريا قادرة على تحمل السمية الحادة لمثل هذه المركبات البترولية بل والتهامها... ،

أما عملية التخليق فلها قصة طريفة... فقد اختار علماء أحد الشركات ثلاثة أنواع من البكتيريا الطبيعية، ولكنهم وجدوا أن لكل منها القدرة على التهام البترول جزئيًا، وكل نوع يتخصص في تحطيم عدد معين من المواد البترولية... ولما كانت ضالتهم المنشودة تطوير البكتيريا القادرة على التهام المواد البترولية بكل مكوناتها وليس جزئيًا، فقد مضوا في تهجين صنوف البكتيريا الثلاثة.. وهي أعمال دقيقة مضنية تستوجب تغيير بيئات تربيتها وإجراء عدد كبير من التبادل والتوافيق بين جيناتها المستهدفة للوصول لنوع واحد من بكتيريا جديدة تحمل صفات الثلاثة أنواع من البكتيريا، وبالفعل أثمرت تلك التجارب عن إنتاج تلك البكتيريا الجديدة التي لا وجود لها في الطبيعة، وتستطيع التهام البترول كليًا، وقد حضرت منها سلالات نقية وخزنت ويتم حاليًا الاستعانة بها عند مكافحة البقع الزيتية. ولقد تم استخدامها على نطاق واسع لمعالجة

مشاكل "بحيرات البترول" التي خلفتها حرب الخليج عام 1991م، ولقد برعت فرنسا في هذا المجال.

وقد استخدمت بنجاح في ولاية "وستفاليا" بألمانيا الاتحادية عندما أغرق البترول مساحات واسعة من الأراضي الزراعية نتيجة انقلاب إحدى شاحنات البترول العملاقة، وتلوثت التربة وصارت غير قابلة للزراعة.. وهنا عالج الباحثون التربة الملوثة بحقنها بتلك السلالات الجديدة... وما هي إلا أسابيع قليلة حتى كانت المفاجأة المذهلة بجميع المقاييس... لقد عادت التربة تنبت نباتات مرة أخرى، وبتحليلها وجد أنها خالية من أي متبقيات بترولية.

وسرعان ما أعلنت إحدى المعامل المتخصصة في الهندسة الوراثية في مجال البيئة عن نجاح استخدام سلالات من الفطريات التي لها قدرات عالية على الانتشار الأفقي في رفع قدرتها على هضم العديد بل معظم المركبات البترولية المعقدة، مثل الشموع والتي لا تذوب في ماء البحار والمحيطات ويكون مصيرها القاع، ولذا سميت هذه الفطريات المحورة باسم مكنسة القاع، وتحضرني هنا قصة علمية حدثت أثناء العمل على هذه الفطريات، فقد تم دراسة التسلسل الشفري والتتابع الجيني لهذا الفطر وتم معرفة الجين المسئول عن انتشاره بسرعة، وتمت مقارنته بكل الجينات السرطانية والمتسببة في انتشار هذه الأمراض بسرعة، فوجد أن هذا الجين المسبب لنوع من سرطان الثدي في الإنسان لا يستجيب للعلاجات المتاحة الحالية، وتلقفت هذا الاكتشاف معامل الهندسة الوراثية في مجال

الطب لمعرفة أسباب هذا الجين في الخلايا السرطانية، وبتقدم التجارب والأبحاث، تم اكتشاف ترياق من المضادات الحيوية الشديدة التخصص وتم تجربتها على فئران التجارب وأثبتت نجاحها، وأيضًا تم تجربتها على عديد من المرضى المتطوعين وأثبتت نجاح مبهر في تقلص المرض.

غذاء الغد من البترول

المفهوم الشائع لدى معظم الناس أن زيت البترول بما يحتويه من مركبات متنوعة ومختلفة الخواص كما ذكر في بداية هذا الفصل، يستخدم كمصدر هام للطاقة أو كمواد خام لتصنيع العديد من المنتجات البتروكيمائية الهامة،

والتي هي بمثابة عماد الصناعة والاقتصاد في هذا العصر، ولكن الكثير منا لا يعلم أن خلف أبواب معامل الهندسة الوراثية في كثير من المختبرات المتخصصة يدرسون تحضير مواد غذائية بروتينية من هذا السائل الأسود اللزج، وهذه الدراسات هي خطوة للتغلب على مشكلة الغذاء والتي أصبحت مشكلة عالمية مع الزيادة السكانية المطردة، حيث وصل تعداد سكان العالم في وقتنا الحاضر إلى ما يقرب من ستة مليارات من البشر، وتتلخص النظرية العلمية في استخراج مادة البروتين من المواد الهيدروكربونية (التي كانت تلقى في وجه البيئة والتي تعتبر إهانة من الإنسان لبيئته)، في أن تقدم هذه المواد (النفايات الشمعية) لبكتيريا ذات توليف وراثي معدل لتقوم بإنتاج البروتين وتخزينه في جسمها، ثم يعاد استخلاصه من هذه البكتيريا، وهذا يشبه ما يحدث في صنع اللبن الزبادي حيث توضع قطعة من الخميرة في إناء يحتوي على اللبن السائل، وتتكاثر الميكروبات الموجودة في قطعة الخميرة وتحول اللبن السائل من الحالة

السائلة إلى الصورة الصلبة المتمثلة في الزبادي، وسوف يجفف هذا البروتين الناتج ويخلط مع الدهن الحيواني ومكسبات الطعم واللون والرائحة ويخلط بالماء، وتنتج عجينة بروتينية تقدم في شكل همبورجر أو سجق أو حتى ألياف كاللحم الطبيعي، وسيطلق عليه اسم البتروبروتين، وفي دراسات متقدمة على هذا النوع من البروتين على الدجاج ثبت أن 96 كيلو جرام منه تعطي نفس النتائج التي يعطيها 100 كيلو جرام من المواد البروتينية التقليدية، مع اختلاف في طعم أو رائحة لحم الدجاج المربى بهذه الطريقة.

الفصل الثالث

الصرف الصحي Demostic Sewage

مقدمة:

> الكرة الأرضية تشبه سفينة فضاء، سابحة في الكون اللا نهائي، بها مصادرها الطبيعية، التي خلقها الله بها، والمياه من أهم هذه المصادر المحدودة، والتي لا يمكن للحياة أن تتواجد في أي صورة بدونها على الكوكب الأرضي،

وبالرغم أنه سمي بكوكب الأرض إلا أن 75 % من مساحته هي ماء ولكن لأن الإنساني يعيش على اليابسة فقد سماها الأرض، والمياه تظل نعمة الله لخلقه حتى يستخدمونها فتتحول لمصدر من مصادر التلوث، ولنلقي نظرة على مياه الصرف الزراعي والصناعي وحتى ما سيتناوله هذا الباب من مياه الصرف الصحي، فهي مصادر التلوث في البيئة، إذ إن تدخل الإنسان غير الحكيم في هبة الله حولها من مصدر خدمة لحياته لمصدر تلوث لبيئته، وتصل لتكون مصدر مرضه أو مصدر تدنيس هذه المياه.

إن تلوث شواطئ البحر لا يقل جرمًا عن تلوث المياه العذبة، فهناك تشابه بين مكونات الأملاح في سوائل الجسد البشري وبين مكونات مياه المحيطات والبحار التي تبدأ منها أول أطوار الحياة، وهذا

يقودنا إلى أن البيئة البحرية بخصائصها توجد بداخل مكونات مياه المحيطات والبحار التي تبدأ منها أول أطوار الحياة، وهذا يقودنا إلى أن البيئة البحرية بخصائصها توجد بداخل ذواتنا، فإن لم تكن هناك بذرة إنسانية صالحة مغروسة في قلوبنا، فلن نرى أبدًا حقيقة الأمور واضحة أمامنا وسيختم الظلام على عقولنا وسنتخبط في قراراتنا، ويجب أن نضع حاجزًا منيعًا بين مياه الصرف الصحي وبين مصادر المياه التي تستخدم في أغراض حيوية وإنسانية، تمامًا مثل الحجاب الحاجز في الجسم الذي يفصل الجزء العلوي من الجسد البشري عن الجزء السفلي، فالجزء العلوي أعلى الحجاب الحاجز يحتوي على القفص الصدري، وبه قلب الإنسان الذي هو بذرة الطهارة الإنسانية في الذات الأرضية، ويوجد أسفل الحجاب الحاجز الجهاز الهضمي وما يحويه وما يخرجه، وهذا يعني وجوب الطهارة من الدنس.

مكونات الصرف الصحي

تحتوي مياه المجاري على أكثر من **99,9 %** مياه، بالإضافة إلى الشوائب التي تنتج من الاستخدام، وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكميتها على مجالات استعمال المياه فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها بالنسبة للاستعمالات المترلية،

وعن مياه الأمطار أو مياه الصرف الزراعي، ولا بد أن نعلم أن مياه الصرف الصحي لا تعني الصرف الآدمي ولكن وللأسف فهي تجمعات من مختلف مصادر مياه الصرف، ولكن لو تكلمنا عن مكونات مياه المجاري الآدمية فهي تتكون من مواد عضوية ومواد غير عضوية، وتتكون المواد العضوية من **40 %** مواد نيتروجينية، **50 %** مواد كربوهيدراتية، **10 %** مواد دهنية، أما المواد غير العضوية فهي: الكلوريدات، والنيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم أكسيد وبعض أملاح المعادن، لا بد أن لا تغفل عن احتواء البراز الآدمي على عدد كبير ومتنوع من البكتيريا والذي يتراوح بين (**125- 150**) بليون خلية/ شخص/ يوم شتاءًا ويصل العدد إلى **400** بليون خلية/ شخص/ يوم صيفًا، ويمكن تلخيص مكونات مياه المجاري الآدمية في الجدول التالي:

المكونات	مواد غير عضوية	جرام/ شخص يوم مواد عضوية	مجموع المواد الصلبة	الأوكسجين الحيوي المستهلك
المواد الصلبة الكلية	**105**	**145**	**250**	**54**
مواد عائقة كلية	**25**	**65**	**90**	**42**
مواد ذائبة	**80**	**80**	**160**	**12**

ندرة المياه

"وخلقنا من الماء كل شيء حي" ، لقد حير الماء علماء الكيمياء والبيئة بسبب الخواص العجيبة التي ينفرد بها... ومنها أنه المادة الوحيدة التي تقل كثافتها عندما تتحول للصورة الصلبة (الجليد). وإذا عرفنا أن المياه تغطي ما يقرب من **71** % من مساحة الكرة الأرضية،

ويقدر الحجم الكلي لهذه المياه بحوالي **1360** مليون كيلو متر مكعب... غير أن هذه الكميات الضخمة غير متاحة للاستخدام الآدمي حيث تمثل مياه البحار والمحيطات، والتي تعتبر من أقدم وأضخم النظم البيئية **97,2** %، أما الباقي (**2,14**%) فهي مياه عذبة تمثل **29** مليون كيلو متر مكعب... غير أن ولحكمته الإلهية فإنها في شكل جبال جليدية – يتعذر الاستفادة منها، إذ لا يتبقى لنا سوى **66**% أي حوالي **6** مليون كيلو متر مكعب على شكل أنهار وبحيرات وآبار ومياه جوفية... في متناول أيدينا، ويبقى أن تعلم أيها القارئ العزيز أن أكثر من بليون من سكان العالم لا يعرفون الماء النقي، هنا لنا وقفة عن وصمة العار التي على جبين البشرية والمثال الصارخ عن ما أحدثه الإنسان في الكون ألا وهو ثقب الأوزون، وما أحدثه من ارتفاع في درجات الحرارة للكرة الأرضية، فقد تم رصد تحرك بعض الجبال الثلجية وانقسامها، بل وانهيار كتل ثلجية متعددة قدرت بنصف مليون متر مكعب والتي تسرب محتواها لمياه

المحيطات، والتي يرجع إليها علماء المناخ حدوث الفيضانات التي اجتاحت عواصم العالم، ولم نتطرق لدورة تكوين الأمطار لعدم اتساع المقام لهذا المجال، ولكن يمكن أن نقول برغم أن كثير من العلماء المتخصصين في الغرب كانوا يعتبرون جبال الجليد هي مخزون كرتنا الأرضية الأساسي المستقبلي للمياه العذبة، ولكن كيفية استغلاله هي مشكلتهم، فقد بات وبعد تفسير علماء المناخ لظاهرة التغيرات المناخية وارتفاع مستوى المحيطات والبحار تشكل خطرًا داهمًا، فلقد خلقها الله لسر معين، فهو المعين على كشفه لنتمكن من استغلال هذه الجبال المائية بالطريقة المثلى.

لقد أصبحت مشكلة المياه تتصدر أولويات هموم سكان هذا العالم، إلا الغافلين منهم، في زمن لا يرحم الغافلين، إن كلمة الماء هي المرادف لكلمة الحياة، والماء يعني الزراعة والغذاء والشرب والطاقة، ويصل الأمر أن حجم الأراضي الزراعية يتحدد في كثير من دول العالم ليس فقط بحجم الأراضي القابلة للزراعة، بل يتحدد أيضًا بكميات المياه العذبة المتوفرة، ونجد أن كثيرًا من دول العالم النامية تسعى لزيادة حجم الرقعة الزراعية، ولكن نتيجة الاتفاقيات المبرمة بين الدول وبعضها تحدد حصة كل دولة من كميات المياه التي يمكن أن تزرع بها، وقد لجأت الدول لاستخدام طرق الري الحديث (التنقيط أو الرش الميكروني) لتقليل المياه المستخدمة لكل فدان، ولكن ما زال الماء هو العامل المحدد الأساسي.

ويمكن تلخيص المشكلة، على المستوى العالمي، في أسئلة بسيطة، كيف يمكن توفير المياه للتعداد المتزايد لسكان العالم مع العلم أن التعداد المستقبلي للعالم هو **10** بليون نسمة ؟؟ ، كيفية ضمان تصريف المياه المتخلفة عن الأنشطة البشرية، دون إلحاق أضرار بالبيئة ؟ وقد تعالت صيحات العلماء منادية كل ذي عقل وضمير أن يحافظ على قطرة الماء الغالية، بل والدعوة لضرورة إعادة استخدام المياه مرة أخرى من خلال إحدى دورات الحياة... ، وسنأخذ مثال عن مشكلة الصرف الصحي في الدول النامية والمتنامية، فشبكات الصرف الصحي في هذه البلاد تستقبل الصرف الصناعي مباشرة بأقل خطوات من التنقية، ومن المعروف أن الصرف الصناعي في هذه المناطق متذبذب الخواص الكيميائية ويحتوي على العديد من المركبات الضارة والسامة مثل العناصر الثقيلة والمخلفات العضوية، وبتركيزات عالية، واستخدام تكنولوجيا التنقية البيولوجية في معالجة مياه الصرف الصحي بهذه الخواص يؤدي لحدوث صدمات مميتة من التركيزات لهذه البيئات البيولوجية وخفض لكفاءة هذه الخطوة من التنقية أو انعدام كفاءتها كليًا وبالتالي هذا يعني خسارة مالية كبيرة وإهدار للوقت الذي هو خسارة مادية أخرى، لذلك لا بد من تجنب هذه المشكلة. لذا لا يفضل استخدام التقنية البيولوجية مباشرة بل لا بد من تعاون الشركات أولًا في تحديد وتثبيت نوعية المخلفات الصناعية، وحدوث تعاون وتبادل للبيانات بين هذه الشركات والمسئولين عن شبكات الصرف الصحي، حتى يتسنى تحويل المخلفات المحتوية على

تركيزات عالية من المواد السامة وعدم مرورها على خطوة التنقية البيولوجية مباشرة.

البيوتكنولوجيا ومياه الصرف

لقد شرع علماء الميكروبيولوجي (الكائنات الدقيقة) في تربية سلالات بكتيرية غريبة المزاج... حيث لا تزدهر ولا تنمو بغزارة إلا في مياه المجاري.. ولله في خلقه شئون... ،

حيث تعتمد في غذائها على المواد العضوية الغنية بها مياه المجاري، ويتم تجويع جماعي لهذه السلالات ثم تدفع في خزانات ضخمة تخزن فيها تلك المياه، وحينئذٍ تقوم البكتيريا بالتغذي على شتى الفضلات العالقة والذائبة... غير أنه بات من الملاحظ أن هذه البكتيريا أعلنت التمرد، بحيث أنها قد تحلل هذه الفضلات تحليلًا غير كامل، ومن ثم لا يمكننا إعادة استعمال المياه المعاملة إلا في أغراض الري والزراعة، وتدخل علماء الهندسة الوراثية للعب بشريطها الوراثي ونقل بعض الصفات الوراثية الجديدة لها، والتي زادت قدرتها على التهام الفضلات بأنواعها كافة وبسرعة مذهلة... وبدون تأفف... وفي ظل نسبة أعلى من الملوثات الصناعية... ، بل إن هذه المخلفات الكريهة أصبحت تفتح شهيتها، ولسان حالها يقول... هل من مزيد... وبذلك أعاد علماء البيوتكنولوجي الأمل في إمكانية استعادة المياه بإدخالها ضمن دورات مغلقة، بل إن هذه البكتيريا المحورة أصبحت لها قدرة عالية على التهام الكثير من البكتيريا الممرضة والموجودة في ماء الصرف، وهي إذ تعطي أمل أكبر للدول

الساحلية في عدم صرف المخلفات الآدمية على شواطئها، وبالتالي ضمان نظافتها وحماية المصطافين وخفض الضغوط التي على الكائنات البحرية، وبالتالي زيادة الإنتاجية السمكية وغير الملوثة.

الفصل الرابع

المبيدات Pesticides

من المعروف أن المبيدات هي مواد كيميائية سامة يجب تداولها بحرص وهي كلمة عامة تعني الإبادة، والمبيدات تستخدم في مجالات مختلفة تشمل المجالات الصحية، والطبية والزراعية لمقاومة الآفات الزراعية المتنوعة،

حتى يتسنى لنا توفير زراعات غير مصابة وثمار غير معيوبة، والآفات تهاجم المحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة والخضروات، وتتسبب في كثير من الأضرار للمزارعين من النواحي الإنتاجية والتي تترجم إلى خسارة اقتصادية، كما أن المبيدات تستخدم في مقاومة الحشرات المنزلية المختلفة، وإن كان هذا له تأثير جانبي خطير على صحة الأسرة، بل وباتت البلاد المستوردة للمحاصيل الزراعية المختلفة تحدد التركيزات المسموح بها من المبيدات في كل نوع من المحاصيل، وترفض الكثير من رسائل المحاصيل بسبب تعدي الشركات والبلاد المصدرة لهذه النسبة من التركيزات، وبالتالي تفقد ملايين الدولارات بدلًا من كسبها، وفي دول العالم الثالث تعاد تصدير مثل هذه الرسائل المخالفة للبلد المصدر، أو أي دولة نامية غير مؤهلة لعمليات التحليل ويعاد طرحها في الأسواق.

وبما أن هذه المبيدات هي مواد كيميائية فيمكن تقسيمها إلى مركبات عضوية مخلقة أو من أصل نباتي، وكذلك لمركبات غير عضوية (زرنيخات الرصاص وكلوريد الزئبق)، ولعدم اتساع المقام للتحدث عن هذه التقسيمات بالتفصيل، فسوف نلخص بعض التقسيمات للمجاميع الشهيرة من المبيدات العضوية.

1- المركبات العضوية الكلورنية ومن أمثلتها مركبات (د. د. ت ومشتقاته) ومركبات السيلكلوداين والتوكسافين، وهي مركبات شديدة الثبات في البيئة، فبالرغم من منع استخدامها منذ الستينيات إلا أن العاملين في مجال تحليل المبيدات في البيئة والهيئات العالمية تسجل يوميًا وجود تركيزات من هذه المركبات في جميع أنحاء العالم، وإن كانت هذه التركيزات تقل ولكن بصورة بطيئة جداً، كما أن التركيز الموجود في الأسماك يصل من **1000** إلى **10000** ضعف ما يوجد في الماء المحيط بها نتيجة ظاهرة تسمى بالتراكم الحيوي **Bioaccumulation** داخل جسم الأسماك، وقد ثبت تورط بعض دول أوروبا وأمريكا اللاتينية في تصنيع مثل هذه المركبات إلى الآن ولكن تحت أسماء مكودة وليست أسماء معروفة، ولا يذكر التركيب الكيميائي الدقيق على العبوات كما كان يحدث سابقًا.

2- المركبات العضوية الفوسفورية ومن أمثلتها الباراثيون والملاثيون وهي مبيدات سهلة التحلل بل ويستخدم الكثير منها في القضاء على الحشرات المنزلية، ولكنه ثبت أن المركبات الناتجة من تحلل هذه

المركبات هي مواد سامة وأعلى سمية من المبيد الأم، بل وقد تحللها البكتيريا لمواد مسببة للسرطان مثل مركبات الأنلين.

3- المركبات العضوية الكرباماتية: وهي مركبات لها درجة عالية من الثبات في البيئة، ويقع تحتها الكثير من مبيدات الحشائش ومنها مركب (2- 4د- **2-4 D**)، وهي مركبات بدأت أصابع الاتهام للهيئات العالمية المتخصصة تشير إليها كمسببات مرضية.

4- المركبات العضوية البيروثرويدية وهي مركبات من أصل نباتي، وهي من المركبات الحديثة وتستخدم بكثرة لسميتها الاختيارية، وإن كان من عيوب هذه المركبات ظهور نظائر كثيرة للمركب الواحد، مما يؤدي لحدوث تأثيرات جانبية وانخفاض الاختيارية.

وبالنسبة للمركبات البيروثرودية تحضرني قصة حدثت بالفعل في عام **1988**م، ففي أثناء زيارتي لمتحف الأحياء المائية في موناكو (متحف الأمير رنية أمير موناكو) وكنت ضمن فريق بحثي، حدث موت فجائي ودرامي للعديد من الأسماك قبل وصولنا، وتم أخذ عينات مائية وعينات من الأسماك الميتة وقمنا بتحليها، ووجد أن السبب الرئيس للوفاة السريعة هي أحد مركبات البرثرويد وهي السيبرمثرن.

ولقد أصبح استخدام المبيدات الكيماوية الأداة الأساسية لمكافحة الآفات في العالم، سواء كانت آفات زراعية أو حشرات ناقلة للأمراض كالذباب والبعوض والبق، أو القواقع أو الحشائش. والاعتماد على

المبيدات وحدها أضر بالبيئة الزراعية قبل أن يضر بالبيئة المحيطة، وسوف نسرد بعض من هذه الأضرار:

- تحويل بعض الآفات الزراعية الثانوية لآفات رئيسة.
- زيادة قدرة الآفات على تحمل تركيزات عالية من المبيدات.
- قتل الكثير من الكائنات والحشرات النافعة للإنسان– هل نرى الآن الهدهد أو أبو قردان أصدقاء الفلاح ؟
- تلوث المحاصيل وخاصة الخضر والفاكهة.
- زيادة نسبة متبقيات المبيدات ونواتج تحطمها التي قد تكون أشد سمية من المركب الأم في التربة والهواء المحيط ومياه الصرف الزراعي.
- الأضرار بسياسة تصدير الحاصلات الزراعية، في حال ما إذا تجاوز مستوى متبقيات المبيدات أعلى من الحد المسموح به لدى الدول المستوردة.
- فقد بعض المحاصيل الثانوية مثل ما حدث في اليابان عندما فقد الفلاح هناك العائد الاقتصادي الإضافي المتمثل في محصول الأسماك التي كان يربيها في حقول الأرز المغمورة بالمياه.
- اكتساب بعض الآفات للمناعة من التركيزات المستخدمة، مما يؤدي لزيادة التركيز وزيادة التلوث أو تغيير المبيد وإضافة مواد سامية جديدة.

وقد ارتفعت مبيعات العالم من المبيدات من **850** مليون دولار عام **1960**م إلى أكثر من **26** ألف مليون دولار عام **1990**م وهي نسبة مذهلة، وتأتي الولايات المتحدة في المقدمة كصاحبة أعلى مبيعات في العالم خلال عام **1990**م (**23 %** من مبيعات العالم) تليها اليابان وفرنسا وألمانيا والبرازيل، تعتبر شركة سيبا جايجي في سويسرا من أكبر الشركات المنتجة للمبيدات حيث تصل معدل مبيعاتها **2920** مليون دولار، ولقد نقلت شركة ساندوز السويسرية إنتاج مبيد **Disulfoton** للبرازيل بعد الحادثة الكبيرة لتسرب هذا المبيد لنهر الراين عام **1989**م والتي أدت لقتل هذا النهر الخير وإلى الآن لم يتعاف هذا النهر مما أصابه، ومن أشهر الحوادث الخاصة بالمبيدات وأحدثها هي: حادثة انقلاب قطار حامل لمبيد الأعشاب **Metam Sodium** وأدى لتلوث نهر سكرامنتو، وانسكب حوالي **10000** رطل من المبيدات في النهر، وماتت جميع صور الحياة بالنهر لمسافة **45**ميل من موقع الحادث.

ولتنوع واختلاف المبيدات كما أشرنا سابقًا فسوف نأخذ مبيدًا واحدًا منذ بدايته كمثال صارخ لما ألم بالبيئة من جراء استخدام الإنسان له، فقد حصل العالم **Paul Muller** على جائزة نوبل بعد اكتشافه السحري لمركب (د. د. ت) في عام **1939**م، وما كادت الحرب العالمية الثانية تضع أوزارها، حتى علمت أرجاء المعمورة أسطورة (د. د. ت) وما أنقذ من أرواح نتيجة تعفير الجنود به وإعطائه نتائج مذهلة، ودخل به العالم في حرب عالمية ضد العديد من الآفات والحشرات.. وكم كانت قوته الإبادية لا تقاوم بواسطة تلك المخلوقات التي طالما عاثت في الزرع

فسادًا، ولكن لم يدم هذا الحال طويلًا، وتحضرني في هذا المقام قصتين عن التلوث بالمبيدات إحداها حدثت في إنجلترا والأخرى في أمريكا، ونحن نعلم أن النسر الأبيض هي العلامة المميزة للبيت الأبيض بأمريكا، ولقد لوحظ من التجارب الحقلية أن النسر الأبيض قد بدأ ينقرض وبصورة سريعة وبعمل التجارب العديدة تم التوصل بأن التلوث بمركبات المبيدات المكلورة أدى لحدوث نقص شديد في الكلسيوم في الفراخ الصغيرة، بل تصل لعدم صلابة قشرة البيض لهذه الكائنات مما تسبب في نوع من انقراضها، هذا مثال صارخ لما ألحق بكائن حي ليس له شأن بغذاء الإنسان أو مقاومة الآفات، أما القصة الأخرى، ففي إحدى مقاطعات بريطانيا ذات الطابع الريفي كانت تقطن سيدة عجوز في منزلها الذي يطل على حديقتها الصغيرة، وقد فقدت نعمة البصر، وأثناء تغيرات الفصول بقدوم فصل الربيع باتت تنتظر سماع أنغام العصافير والطيور التي كانت تغرد فرحًا بالربيع، ولكن هذا لم يحدث فلم تغرد عصافير ولم تسمع انتقالها بين الأشجار، وراحت تتسائل لماذا ضنت العصافير بتغريدها الجميل على قريتها ؟ وبالرغم أن معظم أهل القرية والذين يتمتعون بنعمة البصر لم يلاحظ الكثير منهم هذه الظاهرة ؟ وتعالت صيحاتها وتساؤلاتها عن أسباب هذه الظاهرة، وقام أحد العلماء بدراسة القرية ولاحظ استخدام فلاحيها المكثف لمركب (د. د. ت). وبدأت قصة التلوث وموت الطيور تطرق كل الأبواب العلمية، وكتب هذا في كتاب جميل في معناه "خطير في هدفه" وسمته هذه السيدة الربيع الصامت، وهو علامة بارزة بين ما صدر من مؤلفات في مجال علم البيئة، وبدأت

تتكشف آثار مركب (د. د. ت) على البيئة وما لبثت التجارب أن تثبت تورطه في الأمراض السلطانية، وأمراض العقم وكثير من الأمراض الصحية يومًا بعد يوم... فقد أرجع آخر تقرير لمنظمة الصحة العالمية تدهور الإحساس بالرغبة الجنسية عند الرجال والنساء نتيجة أحد نواتج تحطم مركب (د. د. ت) وهو مركب (د. د. ت. ي) وكذلك لمركبات مشابهة من الملوثات الصناعية تسمى بي. س. بي **PCBS** وهي تماثل الهرمون الجنسي الآدمي "استروجين" في التركيب الكيميائي الفراغي **Steriochemistry**، وعند دخول مثل هذه الملوثات لأي جسم يحدث تنافس على هذه المستقبلات بين تلك الملوثات والهرمون الأساسي الأمر الذي يؤدي لفقد الهرمون الأساسي لكثير من مستقبلاته، وبالتالي لكثير من تأثيره ونشاطه وتحكمه في الغرائز الجنسية.

ونظرًا لثباته الكيماوي الشديد ضد التحطيم الميكروبي، لأنه مركب حلقي عضوي مهلجن (مكلور) وذوبانه الضعيف جدًا في الماء بالمقارنة بذوبانه في الدهون، فبدأ يتراكم في التربة والكائنات الحية البرية والبحرية بتركيزات تصل لألف ضعف ما يوجد في المياه أو الهواء المحيط، ولقد أصبحت هذه المركبات رمز من رموز فشل التكنولوجيا في التناغم والانسجام مع منطق الطبيعة الدائري، مع العلم أن هذه المركبات العضوية المهلجنة تم وقف استخدامها منذ بداية السبعينيات، وبات علماء الهندسة الوراثية يقذفون بالعديد من أفكارهم في أتون المشكلة البيئية حتى تمكنوا من إعادة برمجة بعض السلالات البكتيرية، والتغيير في جيناتها الوراثية لتنتج بروتين ذو شكل فراغي محدد يسمح تركيبه الفراغي

باحتواء جزيء (د. د. ت) في داخله، ويغلفه ويمنعه من التداخل مع البيئة المحيطة، ولن يلبث طويلًا حتى يكون له تطبيقات في مجالات أخرى تخدم البيئة.

ولم تكن هذه الفكرة هي الفكرة الوحيدة للقضاء على التلوث بالمبيدات، بل عكف الكثير من معامل الهندسة الوراثية على استنباط سلالات نباتية مقاومة للآفات الزراعية التي تصيبها خاصة وهي بادرة، فأنتجت العديد من السلالات المقاومة للنيماتودا، وفطريات الجذور والحفار... إلخ من الآفات، لتكون ضلع هام من المكافحة المتكاملة، وفي تطور جديد بدأت في تحوير بعض الآفات نفسها وتحويلها لآفات عقيمة ونشرها في البيئة لكسر دورة حياة هذه الآفات الضارة، بل أصبحت الهندسة الوراثية المخرج الوحيد المتميز لزيادة إنتاجية المساحات الزراعية زيادة أفقية، أي نفس المساحة تعطي أضعاف الإنتاج السابق، وسوف نسرد فصل كامل عن الهندسة الوراثية وتطبيقاتها في المجالات الزراعية.

الفصل الخامس

الأسمدة الزراعية Fertilizers

مقدمة:

تميز العالم المعاصر بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية إلى شمال معظمه غني بوفرة في مصادره الغذائية ومعدلات نمو سكاني متزن، وجنوب فقير يعاني من ارتفاع حاد في معدلات النمو وقصور في موارده الغذائية،

وللتغلب على تلك الفجوة الغذائية اعتمد عالم ما بعد الحرب العالمية على أساليب الزراعة المكثفة من إسراف في استخدام المبيدات والأسمدة الكيماوية، وهرمونات النمو المتنوعة مع استخدام أصناف عالية الإنتاج، بهدف التركيز على النمو الرأسي عوضًا عن زيادة المساحة الزراعية بتكاليف استصلاحها المرتفعة، وشح الموارد المائية كما توحي به إرهاصات المستقبل القريب بما يعرف بندرة الماء والتصحر.

وبات علماء النباتات يلهبون ظهور النباتات بسياط كيمائية تسمى بالأسمدة الفوسفاتية أو الأزوتية لزيادة الإنتاجية الأفقية للفدان أو الهكتار... هكذا بدأت القصة يوم أن تخلى الإنسان عن حكمة الطبيعة بقوانينها (الدائرية) ليستبدل بها قوانينه السطحية الضحلة... ، وهنا حدث الخلل... وسوف نختص بالذكر الأسمدة الأوزتية فلقد خلق المولى

عز وجل ملايين من الأحياء الدقيقة في التربة لها قدرات عالية على تصحيح الخلل النيتروجيني في التربة المحيطة، وجعلها في صورة سهلة الامتصاص للنباتات، غير أن الإنسان عجولًا وطموحًا.

ومعظم الدول التي تقع في المناطق التي تسودها الأجواء الحارة والشبه جافة بها أراضي زراعية فقيرة نسبيًا في المواد العضوية، وبالتالي في النيتروجين وبعض العناصر اللازمة لنمو النباتات. ولذا كانت إضافة الأسمدة الكيماوية والعضوية ضرورية لزيادة الإنتاج من المحاصيل المختلفة، فراح المزارع يعلف النباتات بمزيد من الأسمدة أعلى من المكتوبة على عبوات الأسمدة... في ظل تفكير خاطئ بأنه إذا كان التركيز القليل يعطي نتائج جيدة فالتركيز العالي يعطي نتائج أعلى، وتحولت الأسمدة إلى نترات، بعضها امتصه النبات ليستفيد به وبعضه تسرب للمياه ليكون مصدر خطورة على المياه، كمياه الشرب حينما زاد تركيز النترات في الماء إلى **10** جزء في المليون، وكذلك على الثروة السمكية.

البارود في حلوقنا:

ربما كان تفجير المبنى الفيدرالي في ولاية أوكلاهوما بسماد زراعي، وفي كثير من الدراسات عزت معظم أمراض العصر العصبية، والعضلية والنفسية لسوء التغذية الناتج عن فراغ الطعام من عناصره الطبيعة، ففي حين تحتاج الخلية النباتية (وبالتالي الحيوانية والإنسانية) إلى **92** عنصر لكي تكون متكاملة كما شاء الله، لا يزيد عدد العناصر في معظم طعامنا

اليوم على عشرين عنصر في أفضل الأحوال، ويجلس الإنسان اليوم على قمة الهرم الغذائي لأننا نأكل الحيوان الضعيف الذي اعتلف النباتات الضعيفة التي نبتت في التربة الضعيفة، والتي ارتوت بدورها من أمطار مليئة بالمواد السامة ثم نقوم بطبخ طعامنا بطرق غير صحية فنقتل أي قيمة غذائية متبقية، ثم نشتكي المرض والإرهاق والشيخوخة المبكرة!. (والحل هو الرجوع للأسمدة العضوية الطبيعية واستخدام الطحالب البحرية كغذاء متكامل).

ولا يتوقع للتكثيف الزراعي أن يستمر على الصورة المرجوة مع ما يصاحبه من انخفاض في جودة الأراضي الزراعية كمورد محدود غير متجدد، والمشاكل البيئية الحادة المقترنة به، طبقًا لتعريف وكالة الأمم المتحدة لحماية البيئة الزراعية المكثفة، بأنها أكبر المصادر غير المباشرة لتلوث المياه السطحية والجوفية، وراح علماء البيوتكنولوجيا يبحثون عن حل يتبع المنظومة البيئية، وانقسمت تلك الحلول إلى تكوين سلالات بكتيرية معادة التوليف الجيني تعيش مع النباتات معيشة تكاملية... ، أو استنباط سلالات نباتية جديدة لها القدرة على استيعاب النيتروجين مع الهواء مباشرة.

والآن نأتي للإنسان ونتصور ما يحدث له عندما يدخل جسمه مثل هذا المركب فبفعل بكتيريا القولون تتحول النترات إلى نيتريت الذي يمتص في الدم ليتفاعل مع الهيموجلوبين فيعوق قدرتها على نقل الأوكسجين، محدثًا مرضًا خطيرا يسمى (ميثوموجلوبينيميا) الذي يسبب

موت الأطفال الرضع ونفوق كثير من الماشية، ليس هذا فحسب، فبعض البكتيريا في التربة لها قدرة على تحويل النترات إلى نيتريت الذي يتفاعل مع الأمينات الأرضية مكونة مركب "النيتروز– أمين" وهو من المركبات المسببة للسرطان، ونأتي للبكتيريا اللا هوائية... ونأتي للكارثة... إنها تحلل النترات لنيتريت ثم إلى أكاسيد نيتروجينية في الصورة الغازية التي تتصاعد في طبقات الجو العليا حيث تتفاعل مع طبقة الأوزون، ولن نستطرد في أخطار تآكل طبقة الأوزون على البيئة والحياة بأسرها.

ونتيجة التلوث وحدوث ما سمي بالصوبة العالمية الخضراء **Green housing** نتيجة تراكم الملوثات العالقة في الهواء وتكوين طبقة سميكة من الملوثات في الغلاف الجوي العلوي، أدى لحدوث تراكم للأشعة الشمسية في الغلاف الأرضي،

وحدوث ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة، وبالتالي حدوث تفاعلات كيميائية سريعة في الأرض الزراعية أكثر من معدلاتها مما زاد من خطورة الاستخدام المكثف للأسمدة الكيميائية، والاتجاه لاستخدام الأسمدة العضوية، حيث تتجه دول العالم للاهتمام بالتسميد العضوي والتقليل من استخدام الأسمدة الكيماوية، لتقليل التلوث البيئي (والمتمثل في تلوث المياه البحرية والجوفية والأنهار والبحيرات وكذا المحاصيل والمنتجات الزراعية)، وفي نفس الوقت الحصول على منتجات زراعية ذات مواصفات جيدة وتركيزات العناصر الغذائية في الثمار مناسبة، وليس لها تأثيرات ضارة على صحة الإنسان على المدى القريب أو البعيد بما لدينا ومتوفر من معلومات إلى الآن.

كما أن التسميد بالمعدلات المثلى من الأزوت يزيد من إنتاجية المحاصيل، أما الفوسفور فيقع في المرتبة الثانية من ناحية حاجة الأرض للتسميد، ويليه البوتاسيوم ولذا فإن المادة العضوية لها أثر على الكثير من

الصفات الطبيعية والكيماوية للأراضي الزراعية والصحراوية، وترجع أهميتها إلى العوامل التالية:

1- تعتبر المواد العضوية مخزنًا للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات حيث ينطلق ثاني أكسيد الكربون أثناء تحللها، وهذا بدوره يدخل في عملية التمثيل الكلوروفيلي، كما يساعد على تحويل الأزوت والفوسفور والكبريت وغيرها من مكونات العناصر الغذائية إلى الصورة الصالحة لاستعمال النبات.

2- تعتبر الأجزاء الغروية من المادة العضوية ذات أهمية كبيرة في تحسين صفات الأرض الطبيعية حيث أنها تمنع تماسكها في هيئة كتلة، وبالتالي تزيد من تهوية التربة الزراعية، وتعمل على تسهيل اختراق الجذور للتربة، كما أنها في الأراضي الرملية الزراعية (الأراضي المستصلحة حديثًا عامة) تزيد من تماسك الأراضي وتقلل من مساميتها مما يزيد من قدرتها على التمسك بماء الري.

أثناء التحلل ("الميكروبي" الأكثر أهمية أو بواسطة العوامل المناخية) للمادة العضوية تتكون مركبات حمضية مثل حامض الكربونيك (الناتج من ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء) وحامض الدبالبك والحامض الكربوكسيلي وهذه الأحماض تلعب دورًا هامًا في التحولات التي تحدث في الأراضي الزراعية، حيث تتحول المركبات غير الذاتية (غير المتاحة للنباتات والمحاصيل الزراعية) والمحتوية على البوتاسيوم إلى صور أكثير تيسيرًا للمحاصيل والنباتات، وخاصة فوسفات كل من الحديد

والبوتاسيوم، وتزداد أهمية المواد الحامضية أيضاً لقدرتها على تهيئة الظروف المناسبة لزيادة نشاط الميكروبات المفيدة للنباتات كما أنها تزيد من السعة التبادلية الأرضية.

مصادر المواد العضوية

1- مصادر نباتية: مثل أوراق الشجر والشجيرات وبعض أنواع الحشائش وجذور النباتات والمحاصيل والمخلفات الناتجة من العمليات الزراعية والصناعات الغذائية والبرسيم (التسميد الأخضر).

2- مصادر حيوانية وآدمية: مخلفات الحيوانات والطيور والمخلفات الآدمية.

3- ولقد نشأت فكرة لدى علماء الميكروبيولوجي وهي جمع كل المصادر العضوية الطبيعية وتهيئة بيئة لا هوائية للميكروبات، وبالتالي نحصل على غازات طبيعية غير ملوثة للبيئة وكذلك يتم هضم مباشر للمواد العضوية، وبالتالي المتبقي من هذه العملية يكون مصدرًا للسماد العضوي والذي يتميز بأنه سهل على النباتات والمحاصيل أن تمتصه، ولقد أطلق على هذا النوع من السماد بسماد البيوجاز نسبة للعملية التي ينتج منها.

وفكرة هذا السماد- ببعض من التفصيل- قد بدأت عندما أصبحت المخلفات الزراعية المتنوعة (المخلفات الناتجة من العمليات الزراعية والحيوانات الزراعية، وغيرها) عبئًا بيئيًا... وعلى الفلاح التفكير في كيفية التخلص منها، بل وكيفية أن يستفاد منها وقد كانت فكرة تجميعها في مخمرات لا هوائية وفي ظروف يتم ضبطها بواسطة الإنسان

(درجة الحرارة من **30- 35**م والرقم الهيدروجيني **6- 8**) لزيادة معدلات المخمرات وبفعل البكتيريا المهجنة جينيًا (لإنتاج مصافات معينة من السماد) اللا هوائية تبدأ في تحليل هذه المركبات العضوية المعقدة لاهوائيًا إلى مركبات عضوية سهلة الامتصاص وأقل تعقدًا، وأثناء إنتاج السماد البيوجاز ينتج غاز يستخدم كمصدر للطاقة (بدلًا من الطاقة التقليدية) وهو عبارة عن خليط من غاز الميثان (**50- 70** %) وثاني أكسيد الكربون (**24- 49** %) وغازات أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين بنسبة (**1- 2** %)، والغاز هو غاز غير سام عديم الرائحة، وأخف من الهواء، وهو ذو شعلة نظيفة زرقاء يستخدم كوقود مثل البوتاجاز ويستخدم في الطهي والإنارة والتدفئة وتوفير الطاقة لإسطبلات الماشية وتشغيل ماكينات المياه والجرارات والآلات الزراعية المتنوعة، وما يتبقى بعد هذه العملية، يكون في صورة معلق من المركبات الصلبة والسائلة ويسمى سماد البيوجاز وتتراوح نسبة المادة العضوية به من (**35- 54** %) والأزوت (**1,3- 1,6**%) والفوسفور والبوتاسيوم (**0,5- 1,0**%) وهو يعتبر سماد متوازن من ناحية العناصر الصغرى الضرورية لنمو النباتات.

بل تجلى طموح هؤلاء العلماء لإنتاج سلالات نباتية تحسن من الظروف المناخية وتتحمل درجات الحرارة العالية التي يشهدها كوكبنا نتيجة ثقب طبقة الأوزون، وبهذا سوف نقلل الخطر الداهم للأسمدة الأوزتية على البيئة وهذا في المستقبل القريب... مما لا شك فيه.

الفصل السادس

التلوث بالمنظفات الصناعية Detergents

السؤال كيف يمكن إحداث تلوث بمنظف؟ هل ساهمت الهندسة الوراثية في زيادة التلوث؟ وكيف؟ هنا لا بد أن نعرف هامش من المعرفة عن المنظفات الصناعية، والتي تشمل المنظفات الحديثة السائلة والحبيبية،

وقديمًا كنا نعتمد في تنظيف ملابسنا على الصابون والذي كان يصنع في المنازل، وكان يتركب كيميائيًا من مركب ذو سلسلة كربونية مستقيمة طولها 12 ذرة كربون، متصلة بذرة بنزين تسمى دودوسيل بنزين، ويحدث له عملية تصبن في وجود الصودا، وكانت ميكانيكية التنظيف تعتمد على قوة المنظف الناتج عن خفض التوتر السطحي بين ماء الغسيل والقاذورات التي على الملابس، وتنتقل هذه القاذورات بنسبة تعتمد على حجم المنظف بالنسبة لحجم القاذورات إلى الماء وبالتالي تنظف الملابس، (ودي كانت نظافة زمان) ، وهنا لا بد أن نذكر أن كمية المنظف كانت مهمة جدًا، وكانت ربة المنزل تزيد من الكمية للتأكد من النظافة الناتجة، وبالتالي كان الغسيل يؤثر على سلامة بشرة السيدة ربة المنزل لوجود الصودا، وزيادة كمية المنظف المستخدم، أما الهدف من تحضير المنظفات الصناعية هو توفير الزيوت النباتية والشحومات الحيوانية التي تدخل في

صناعة الصابون للأغراض الغذائية والتي تزايد عليها الطلب، وقد وجد أن بعض أنواع الصابون المصنع من هذه المركبات لا يعطي رغوة عند استعماله مع الماء العسر أو الوسط الحامضي وتتكون رواسب غير مرغوب فيها، لهذه الأسباب اتجه العلماء المتخصصون لتحضير مركبات جديدة تتفوق على قدرة التنظيف للصابون المستخدم سابقًا، والمنظفات الصناعية الحديثة متنوعة التركيب لتخدم الهدف من استخدامها إما لتنظيف الملابس أو أدوات المطبخ أو الأرضيات، كما أنها تدخل في الكثير من الصناعات مثل صناعة الورق والمنسوجات وعمليات الصباغة وصناعة الجلود والبلاستيك، والمطاط والتعدين وصناعة المبيدات.

وحاليًا وبعد استخدام الهندسة الوراثية في إنتاج إنزيم الليبيز **Lipase** (وهو إنزيم يعمل على كسر الروابط المحبة للذوبان في الدهون ولا تذوب في الماء) بتسخير الكائنات الدقيقة في إنتاجها بعد تحوير جزيء (د. ن. أ) بها ووضع الجين المسئول عن إنتاج هذا الإنزيم، ثم يجفف وينقى ويباع على المستوى الصناعي التجاري، وأصبح بجانب استخدام سلسلة طويلة نسبيًا من ذرات الكربون مما يزيد خفض التوتر السطحي، فهي تعتبر مادة دعامية**Supporting Agent** لهذا الإنزيم العالي القدرة على كسر أي ارتباط بين الأنسجة والقاذورات ونقلها للماء، وبالتالي فإن التنظيف يكون ذو كفاءة أعلى من سابقه، (ودي نظافة اليوم) ، وهذه الأنواع من المنظفات الصناعية تستخدم في الغسالات الأوتوماتيكية وبالتالي يكون نسبة المنظف للغسيل ثابتة وبعيدة عن أيدي ربات المنزل.

ويتركب جزيء المنظف الصناعي من قسمين: جزء محب للماء وهو جزء قطبي (وهو الجزء المسئول عن ذوبان المنظف في الماء) وجزء كاره للماء وهو جزء عضوي منخفض القطبية، ويوجد أربعة أنواع رئيسة من المنظفات الصناعية:

1- **المنظفات الأيونية**: يشمل هذا النوع الصابون العادي والذي يحضر بتصبن الزيت بالصودا الكاوية، أو كبريتات الألكيل (سلسلة كربونية مكبرته)، أو سلفونات الألكيل الأريل (سلسلة كربونية مكبرته مرتبطة بحلقة عطرية).

2- **المنظفات الكاتونية**: ومن أمثلتها الأمينات الأليفاتية ذات السلسلة الكربونية الطويلة (**C8- C16**) وأيضًا أملاح الأمنيوم الرباعية) وهي منظفات تستخدم بكثرة في صناعة النسيج وعمليات الصباغة، وتستخدم كمواد مضادة للبكتيريا والفطريات.

3- **منظفات أمفرتيرية**: يتميز هذا النوع من المنظفات باحتوائه على مجموعة قاعدية ومجاميع حامضية ولها استخدامات محدودة.

4- **منظفات غير أيونية**: وهي مركبات إسترية ناتجة من تفاعل حامض مع كحول وقدر ما نسمه أيثوكسيلات.

وأصبحت الآن المنظفات الصناعية عبارة عن تركيب كيميائي معقد من سلاسل أليفاتية مكبرته ومخلوطة ببعض الإنزيمات الحيوية المرتبطة على دعائم صلبة، مما زاد من قدرتها على البقاء في البيئة وتشعب

تأثيراتها وتباينها على عناصر الحياة المحيطة، وهي مصدر هام للمركبات الفوسفورية حيث ثبت علميًا ورياضيًا أنها ترتبط بزيادة تركيز المركبات الفوسفورية في نفس المناطق التي تتركز بها مخلفات مصانع المنظفات، وبالتالي فهي تعتبر عامل في ظاهرة الخصوبة **Eutrophication**. كما أن المنظفات لها قدرة على خفض التوتر السطحي وبالتالي تعمل على زيادة تركيز بعض الملوثات في الصورة الذائبة عنها في الصورة المعلقة، وهذا يزيد من التلوث المتاح للكائنات، أي زيادة في **Bioccumulation** تلك الملوثات داخل جسم الكائنات البحرية، ويجب هنا أن نلقي الضوء على كلمة تراكم، حيث يتم أثناء التدرج خلال السلسلة الغذائية أن تتركز تلك الملوثات الموجودة في الماء داخل جسم الكائنات المستهلكة حتى تصل السلسلة علوًا للأسماك التي يتغذى عليها الإنسان، حيث تتركز الملوثات في جسم تلك الأسماك لتصل من ألف لعشرات آلاف ضعف ما هو موجود من تركيز في الوسط المائي، ولنا أن نتخيل ما يصل من تركيز من تلك الملوثات إلى الإنسان المستهلك النهائي لتلك الأسماك، وخصوصًا إذا كان من الصيادين والتي تعتبر الأسماك وجبتهم اليومية، ومن هنا تكمن الخطورة على الصحة العامة للإنسان، كما أن المنظفات تعمل على إذابة الطبقات الدهنية الخارجية لبعض الطيور والكائنات البحرية، وللمنظفات آثار ضارة كثيرة على البيئة نذكر منها على سبيل المثال الآتي:

- خلل بيولوجي في قدرة بعض الكائنات البحرية على ترشيح الماء للحصول على غذائها.

- خلل في قدرة الكائنات البحرية على التحكم في الأعماق التي تفضل أن تعيش بها.

- إذابة كلية أو نسبية لطبقة الشمع التي تكسي الريش لبعض الطيور التي تعيش حول المصبات (التي تصرف من خلالها كل أنواع المخلفات) ، وبالتالي تفقد تلك الطيور خاصية الطفو فوق سطح الماء، وهناك حالات تم تسجيلها لغرق بعض الطيور عند مصب القلعة منذ قرابة سنة ونصف، ولم يتم مناقشة تلك الظاهرة.

- تحول المتبقيات من المنظفات بفعل العوامل الحيوية المحيطة من مركبات أليفاتية إلى حلقات معقدة أكثر ثباتًا بيئيًا، وأكثر سمية وقد تسبب أمراض خطيرة مثل السرطان.

الفصل السابع

القمامة Garbage

لقد اكتسبت ظاهرة القمامة وتناثرها عبر شوارع العالم ولكن بصورة نسبية اهتمام جميع الدول والمجتمعات والهيئات العامة والأهلية، وهذه نتيجة حتمية لأن الإنسان فطره الله على النظافة، والطبيعية السوية،

ولذا تولدت داخل الإنسان في كل مكان رفض داخلي لمخالطته لمخلفاته. ولكن عجز الإنسان في ظل الضغوط اليومية التي حرمته من قدرته على نقل مثل هذه المخلفات بعيدًا عن أماكن تواجده ونشاطه، ولقد انعكس ذلك مباشرة على السلوكيات البشرية، فتقبل واعتاد بل وتأقلم على تقبل مثل هذه المظاهر الاجتماعية السلبية، والقمامة لها تأثير سلبي على رفاهية الإنسان ومعدل تطوره حضاريًا، ولقد أفرزت القمامة العديد من المشاكل الصحية والنفسية والاقتصادية والاجتماعية، وفضلًا عن أنها أهم ملامح التلوث البصري الذي يؤثر إلى حد كبير على السلوك اليومي للإنسان المعاصر، بل وتضيف لحياته اليومية العديد من الضغوط العصبية. ويمتد تأثير القمامة وانتشارها بتأثيرات ضارة على الصحة العامة (بيئة مناسبة لتكاثر المسببات والناقلات المرضية) ، وعلى السياحة (فلا تنتشر السياحة في الأماكن غير النظيفة) والمرور وحركة السيارات، ولقد

ظهرت حلول غير بيئية في كثير من دول العالم النامي، وهي حرق تلك الأكوام من القمامة، ولكن ما لبث أن ثبت أن ما تحدثه هذه الطريقة من أضرار وتكاليف ليست لها عائد اقتصادي، أو قد تم ردم بعض البحيرات الضحلة بأكوام من القمامة فحدث تكون لغاز ثاني أكسيد الكبريت ما لبث أن تحول إلى حامض كبريتيك، ليفتك بالحدائق التي قامت على هذه البحيرات أو تكونت غازات سامية تؤثر على البيئة المحيطة، وتعالت الأصوات تخرج ما بداخل الإنسان من رفض لمثل هذه الأكوام من المخلفات مرة أخرى.

لقد أدى تراكم القمامة– وما تحتويه من مواد عضوية قابلة للتعفن والتخمر والتحلل– إلى توفير بيئة مناسبة ومثالية لتربية أعداد هائلة من الذباب والفئران والحشرات، حيث توجد جميع المواد الغذائية اللازمة لنموها وتكاثرها، ولقد قدر العلماء أنه يمكن لزوج واحد من الذباب إذا عاش في المدة من مارس حتى سبتمبر من العام نفسه – أن ينتج **191** بليون ذبابة وكل حشرة تحمل **6** مليون ميكروب، ويمكن أن تنقل **42** مرضًا مختلفًا لكل من الإنسان والحيوان، نقلًا ميكانيكيًا أو بيولوجيًا.

وإن ترك زوج من الفئران يتربى على القمامة لمدة ثلاث سنوات، فإن النسل من هذا الزوج يتعدى عدده **3,5** مليون فأر، وبعد خمس سنوات يبلغ هذا العدد **5,6** مليون فأر، وهذه الحيوانات تنقل للإنسان العديد والعديد من الأمراض مثل الطاعون، كما أنها تدمر جزء كبير من الغذاء والمحاصيل الزراعية وتسبب مشاكل اقتصادية كبيرة.

وكان التفكير سابقًا في التخلص من هذه المخلفات بحرقها في الهواء وينتج عن ذلك أثناء هذا الحريق سموم متنوعة تزيد من التلوث البيئي، بجانب المركبات الطيارة والأيروسولات التي تتعلق في الهواء وتساهم في زيادة تأثير ظاهرة الصوبة **Green Housing** للكرة الأرضية، بجانب إنتاج العديد من المركبات الحمضية التي تؤثر سلبًا على البيئة المحيطة، ثم تم عمل أفران خاصة لهذه العملية واستخدام الناتج كمصدر طاقي، ولكن ظهر التفكير الجديد ووصل طموح الإنسان لشاطئ من شواطئ العلم وهو ما سمي بتدوير القمامة.

ومن هنا اهتم الجميع من دول العالم الكبرى والدول النامية لإيجاد الحلول لهذه المشكلة وكان من ضمن هذه الحول ما سمي بتدوير القمامة، وعملية التدوير للقمامة تضم ثلاث طرق أساسية:

- **الجمع والفرز**: أي جمع القمامة في أماكن محددة ثم فرزها على أساس المواد التي تصلح لإعادة التصنيع بها مثل الورق والكرتون والبلاستيك والزجاج والمعادن، وبقايا المواد الغذائية.
- **التصنيع**: استخدام وسائل تقنية جديدة لإعادة تصنيع مثل هذه المواد التي يتم تجميعها.
- **الاستهلاك**: لاكتمال حلقة التدوير يجب أن يتم تسويق واستهلاك المنتجات التي يتم إنتاجها من المواد، ثم فرزها من القمامة لتدخل في خدمة المجتمع مرة أخرى.

وظهرت منتجات من أكياس القمامة وورق الكتابة والتصوير مكتوب عليها مواد معاد تدويرها **Recycling Material** ، إنها أصبحت صناعة تعتمد على كثير من الكنوز الملقاة في العراء، فمن الأرقام الإحصائية فإن أمريكا قامت بتدوير **75** مليون طن من القمامة عام **1991**م وتم بيع ما نتج منها بما يوازي **14** مليون دولار، وبالرغم من ضخامة الرقم فإن هذه الأرقام يجب أن نخصم منها الدعاية والإعلان عن تلك المنتجات، والجمع والفرز والنقل لمكونات القمامة، ونجد في النهاية أن الربح من الناحية الاقتصادية غير مقبول، وكذلك على المستوى الصناعي ليس مقبول، كما أن كمية المستغل في تدوير القمامة لا يمثل أكثر من **10** إلى **30 %** في أحسن الأماكن.

ولذا بدأ البحث عن الجديد والمتطور من أفكار في مجال الهندسة الوراثية، واستنبطت بعض المعامل أنواع من البكتيريا والطحالب المائية لها قدرة على التغذية على المواد العضوية التي بالقمامة ثم يتم تجفيفها واستخدامها كسماد لتربة الحدائق العامة والجناين، وبدلًا من كون القمامة ملوث بصري أصبح يزيد الجمال في الشوارع والحدائق العامة، أو غذاء حيواني (يخلط بنسب مع العلف الحيواني) وهنا تلعب التركيبة الجينية المنقولة لهذه الكائنات دور هام في نوعية المنتج، فقد قامت إحدى الشركات الإنجليزية بإنتاج اللدائن من بعض البكتيريا التي تتغذى على المواد العضوية الموجودة بالقمامة، فهل ستحول هذه التجارب كوكبنا مرة أخرى لوديان خضراء بدل من أكوام القمامة، ربنا هو الموفق والحمد لله على نعمة المعرفة والعلم.

حقائق من دراسات بحثية

وإذا أخذنا جمهورية مصر العربية كمثال فمن الدراسات التي تجرى حاليًا في العديد من سروح البحوث بمصر نجد أنه يمكن لمصر أن تحقق ما يناهز **600** مليون جنيه من القمامة التي تنتج عنها والتي تقدر بحوالي **11** مليون طن سنويًا.

1- تبلغ كميات الورق الممكن إنتاجها من القمامة **2** مليون طن وتبلغ قيمتها حسب أسعار **1996**م حوالي **14** مليون جنيه مصري وتكفي لتوفير **500** فرصة عمل.

2- يمكن لمصر أن تنتج من القمامة **5** طن وقود/ سنة، وهي تعادل **2** مليون طن بترول، وتعادل ألفا مليون كيلووات كهرباء/ سنة.

3- يمكن تصنيع أكثر من **2,000** مليون طوبة من الطوب المفرغ بمقاسات الطوب الأحمر من النفايات غير العضوية.

4- يمكن أن تنتج مصر من القمامة **5,5** مليون طن سمادًا عضويًا، تكفي لاستزراع **1,5** مليون فدان أراضي صحراوية سنويًا مع توفير أسمدة كيماوية بمقدار **75** مليون جنيه مصري.

5- يبلغ ما يمكن أن تنتجه مصر من الحديد ما يعادل **98** مليون جنيه إذا ما أعيد تصنيع هذا الحديد كحديد تسليح.

6- تفوق مصاريف وزارة الصحة لكي تعالج وتقاوم الأمراض المنتقلة عن طريق القمامة والذباب والحشرات والتي تنمو عليها ما يزيد عن **400** مليون جنيه، وفي دراسات أجريت حديثًا أكدت أن مصر تفقد **25 %** من دخلها السياحي بسبب القمامة ويمكن تلافي ذلك إذا ما اعتنت بمظهرها العام وتقليل القمامة التي تتناثر بالشوارع الجانبية للأحياء التي تجذب إليها مثل السيدة زينب، وغيرها من الأماكن، وناهيك أن المناظر المؤذية التي تقلل النشاط وبالتالي تقلل الإنتاج بالنسبة للمواطن المصري.

كل هذه الأرقام والبحوث هي حبيسة الأدراج تنتظر أحد ليكشفها ويكللها بدراسات جدوى قوية لتحديد حجم الاستثمارات المطلوبة لتدوير كل هذه القمامة والاستفادة منها.

الفصل الثامن

التكنولوجيا الحيوية البحرية Marine Biology

"وجعلنا من الماء كل شيء حي"، لم يمر سوى عقد واحد منذ الاعتراف بالتكنولوجيا الحيوية البحرية كمجال ذي إمكانية عظيمة، وفي هذه الفترة القصيرة من الوقت تحقق تقدم مدهش في هذا المجال،

لقد حدث تقدم ملفت في صناعة الاستنبات المائي، فبفضل التحكم الجيني المباشر باستخدام تقنيات (د. ن. أ) لإعادة التجميع أمكن تطوير أسلوب جديد تمامًا لزراعة الأسماك. وترجع أهمية التوسع الكبير في الاستنبات المائي في السنوات الأخيرة، وطبقًا لبعض التقديرات قد يقوم الاستنبات المائي بتوفير **25 %** من استهلاك العالم من الغذاء البحري بنهاية هذا القرن.

والأسماك يسهل بدرجة كبيرة التحكم فيها جينيًا لأن بيضها كبير الحجم ولذلك يمكن دراسة العديد من الصفات الوراثية المطلوب تغييرها بواسطة إدماج الجزء المسئول من جزيء (د. ن. أ) عن هذه الصفة بدرجة عالية من الدقة، وبالتالي إحداث التغيرات المطلوبة، وقد تم تركيز الجهود في أبحاث التحكم الجيني في اتجاه زيادة نمو وإنتاج الأسماك ذات المقاومة العالية لدرجات الحرارة المنخفضة، ومع انتشار الزراعة المكثفة

للأسماك وتزايد مخاطر التعرض للأمراض المصاحبة لذلك، فإن تطوير نوع من الأسماك يقاوم الأمراض قد أصبح أيضًا هدفًا أكثر أهمية.

وكانت من التجارب الأولى الناجحة لهرمون النمو باستخدام الأسماك هي نقل جين هرمون النمو البشري إلى السمك الذهبي، وكانت النتيجة أن صغار السمك أصبح حجمها أكبر كثيرًا من السمك الذي لم يعالج بهذا الهرمون، ومنذ ذلك الوقت تم إدخال العديد من جينات الحيوانات الفقارية في الأسماك بما فيها سالمون الأطلنطي.

وكان تحقيق زيادة في النمو باستخدام هرمون نمو الأسماك له دلالة عملية أكبر، ففي عدة تجارب وصل حجم الأسماك التي حقنت بهرمون النمو إلى ضعف وزن السمك الذي لم يعط الهرمون على مدى فترة **60** يومًا، ولكن نظرًا لأنه ليس من السهل إعطاء السمك هرمون النمو فإن البحث يتركز الآن على توليد سمك مهجن جينيًا، وحتى عام **1990**م، وصل عدد أنواع الأسماك التي هجنت جينيًا إلى خمسة عشر نوعًا، تشمل تنويعات مهجنة جينيًا من أصناف السمك التجارية مثل سالمون الأطلنطي والبلطي والتيلابيا، والأبحاث جارية الآن لتحديد العوامل الفسيولوجية والغذائية والبيئية التي تساعد على تحقيق أفضل نتيجة ممكنة للسمك المهجن جينيًا. ويجب أيضًا حل المشاكل الكبرى الخاصة بالأمان والتأثير على البيئة، قبل السماح بالإنتاج التجاري على نطاق واسع للسمك المهجن جينيًا.

مقاومة التجمد للسالمون

تم تطبيق التحكم الجيني على سالمون الأطلنطي لمحاولة زيادة مقاومة هذا النوع للبرد، فالعديد من الأسماك البحرية التي تعيش في المياه الباردة تنتج بروتينات تقوم "بمنع تجمدها" وتحميها بمنع تكون بلورات الثلج في مصل الدم،

وسالمون الأطلنطي ليس لديه جينات لإنتاج هذه البروتينات وبالتالي لا يستطيع أن يعيش في المياه الثلجية، ولكن تم نقل الجينات المسئولة عن إنتاج البروتينات المضادة للتجمد إلى سالمون الأطلنطي، وبالتركيزات المناسبة لهذه البروتينات في دمها والتي يمكن من مجال البيئة أن يربى فيها هذا النوع من الأسماك.

والحيوانات الصدفية أيضًا يمكن أن تخضع للتحكم الجيني، خاصة لزيادة حجمها ومعدل نموها، وقد تبين أن الهرمون البقري للنمو يمكن أن يزيد من معدل نمو الأبالون الأحمر الكاليفورني، وقد تم تسجيل نتائج مشابهة باستعمال هرمونات نمو السالمون الملون المصنعة مع صغار المحار.

وعلى خلاف الأسماك والحيوانات المائية الصدفية فإن أنواعًا مثل سرطان البحر تتخلص من هيكلها الخارجي أثناء النمو بواسطة عملية طرح يتحكم فيها النظام الهرموني، أي أن عملية الطرح يتم التحكم فيها

بواسطة الغدد الصماء التي تفرز الهرمونات المسئولة عن نمو سرطان البحر. وتجرى الآن العديد من التجارب لزيادة معدل نموها وكذا زيادة مقاومتها للأمراض، بل والتحكم في حجم نموها.

ومن العوامل التي يعتمد عليها الاستغلال الناجح للأسماك، أو لنوعيات الحيوانات الصدفية البحرية المستنبتة مائيًا، هي إمكانية الحصول على ناتج ذي قيمة، ويمكن التحكم فيه وبأقل تكلفة اقتصادية ممكنة، وقد تبين أن درجة الحرارة للوسط المائي وفترة الإضاءة اليومية التي يأخذها السمك، يمكن التحكم فيها بما فيه الكفاية لتحسين وضع البيض، ولحسن الحظ أنه قد حدث تقدم كبير في الآونة الأخيرة في استخدام العلاج بالهرمونات للتحكم في تكاثر أنواع الأسماك الهامة في الاستنبات.

إن زراعة الطحالب البحرية الكبيرة وأعشاب البحر كانت تمارس منذ قرون عديدة في البلدان الأسيوية وخاصة اليابان، والمنتجات المشتقة منها تستخدم على نطاق واسع كمصادر للأدوية والطعام، والطحالب الكبيرة والصغيرة تعطي مجموعة واسعة من المنتجات، تشمل المضافات والمكملات للأغذية، ووسائط الاستنبات، ومبيدات الحشرات، ومنظمات لنمو النبات، وعوامل مضادة للبكتيريا وللسرطان وللفيروسات.

الطحالب كمصدر للأدوية والأطعمة

ثبت أن الطحالب الكبيرة مفيدة في الإنتاج الواسع النطاق للأحماض الدهنية، التي قد تساعد على تقليل مخاطر أمراض القلب والأوعية، والطحالب الكبيرة الخضراء المسماة دونا ليلاسالينا تربى على نطاق واسع،

واستنبات مكثف في كاليفورنيا لإنتاج البيتاكاروتين، وهي مادة ترتبط بالوقاية من السرطان، وقيل أيضًا إن الزراعة المحيطية من الطحالب البحرية يمكن أن تقلل من مستويات أكسيد الكربون في الكون.

وتطبيق التكنولوجيا الحيوية على زراعة الطحالب البحرية يقدم فرصة للبلدان القريبة من الأنهار والمحيطات، خاصة البلدان النامية ذات الشواطئ الممتدة، وهذه الإمكانية من المحتمل تحقيقها بتكوين شركات مع البلدان الصناعية، ومع ذلك لتحقيق النجاح، لا بد من فهم الجينات الجزيئية وتطبيق تقنيات الأحياء الجزيئية الحديثة، ورغم أن التقنيات الجزيئية لم تطبق على نطاق واسع لتحقيق تحسين في السلالات أو إنتاج نباتات وطحالب مهجنة جينيًا تصلح للتجارة، إلا أن هذا الأسلوب قد تم تبنيه في معامل عديدة في الولايات المتحدة وآسيا وأوروبا.

الطحالب تسمى الألجي وعمرها **3,5 – 4,5** مليار سنة، يعتقد أنها أول نمط حياة على سطح الكرة الأرضية، وهي تلك الخلية الواحدة

التي وهبها الخالق عز وجل العقل الداخل خلوي (د. ن. أ) لكي تستعمل المياه وطاقة الشمس وثاني أكسيد الكربون كغذاء (التخليق الضوئي) مما مكنها من استمرارية ومواصلة الحياة، والتكاثر وسط الانفجارات البركانية والحرائق والزلازل والأعاصير التي اجتاحت الكرة الأرضية آلاف الأعوام قبل أن تصل إلى ما هي عليه حاليًا، وخلال تلك الرحلة الطويلة تجمعت في عقل الألجي شبكة من المعلومات عن تاريخ الأرض عمرها **3,5** مليون سنة، وفي إحصائية أجرتها وكالة ناسا للفضاء في العام الماضي **1996**م أكدت أن الطحالب البحرية والألجي تنتج حوالي من **70** إلى **90** % من الأكسجين على سطح الكرة الأرضية، وبالرغم من وجود **30** ألف نوع من الألجي إلا أننا يمكن أن نقسمها لطحالب ذاتية التغذية وطحالب غير ذاتية التغذية، وتحتوي خلايا الطحالب على **20** من الأحماض الأمينية الأولية والثانوية إضافة إلى التسعين عنصر التي كانت توجد في أطعمتنا قبل كارثة استخدام الأسمدة الكيماوية.

والكائنات الدقيقة البحرية هي مصدر مجموعة واسعة جدًا من المنتجات الطبيعية التي لها تطبيقات طبية حيوية، وتكنولوجية حيوية وزراعية وصناعية، والكيتين هو أحد هذه المنتجات التي وصلت للأسواق في العديد من الأشكال المختلفة، وهي تخدم العديد من المجالات الصناعية والطبية، وحاليًا يتم دراسة الجين المسئول عن إنتاج الكيتين من القشريات وعندما يحدث سوف يتم إدماج هذا الجين لهذه الكائنات الدقيقة ليزداد إنتاجه لأضعاف مضاعفة.

وهناك أكثر من **1500** مستحضر جديد، ومنتجات طبيعية واكتشافات أخرى ترتبط بعلم الجينات الجزيئية لتربية الأسماك والحيوانات الصدفية البحرية وأيضًا تكاثرها، كما تم اكتشاف مضادات حيوية جديدة وعقاقير لمعالجة السرطانات المختلفة، وتطوير التكنولوجيا الحيوية البحرية والمائية والتي تقع على كاهل مئات المعامل البحثية في النرويج واليابان وألمانيا والولايات المتحدة.

استزراع العديد من الطحالب الخضراء الزرقاء بعد رفع قيمتها الغذائية عن طريق التحوير الجيني في شريطها الوراثي لتعطي أعلى إنتاج بأعلى منفعة اقتصادية وغذائية، وخاصة في الكثير من البلاد التي تأكل الطحالب في غذائها مثل الصين واليابان وبعض الولايات في أمريكا، وبعض المقاطعات في ألمانيا وإيطاليا وفرنسا.

ولقد استخدمت حاليًا الفطريات الغروية والتي تنمو بسرعة شديدة في عمل توليفة جينية لزيادة استزراع العديد من الطحالب المفيدة طبيًا، وخاصة التي تثبت أنها تنتج مواد مضادة لمرض الإيدز أو أنواع السرطانات المستعصية حتى يتسنى إنتاجها طبيعيًا مباشرة من هذه الطحالب دون اللجوء لتصنيعها.

وحاليا يعكف العلماء المصريين المغتربين بالخارج (في عدد من الدول المتقدمة) لدراسة عدد من الطحالب والبكتيريا التي تعيش في قاع بحيرة مريوط، والتي تعيش في بيئة عالية التلوث والتي تعاني منها هذه البحيرة نتيجة الصرف الصحي والزراعي والصناعي بها وبكميات كبيرة،

وهذه الدراسة سوف يمكنها إنتاج سلالات طحالب لها قدرة على العيش في هذه البيئات الملوثة بل وهضم المركبات العضوية والكبريتية وتخليص هذه البحيرة من هذا الكم الهائل من الملوثات، والبحيرة تصب بدورها كل ما بها من مياه ملوثة في البحر المتوسط مباشرة عند منطقة المكس.

والجدير بالذكر أن هناك شبه صيحة للوصول لعقاقير مفيدة لاستخدامها في العديد من مآرب الحياة الصحية والغذائية، ولما كانت تكلفة إنتاجها طبيعيًا كبيرة جدًا فقد تم عزل العديد من التواليف الجينية من الكائنات البحرية والتي لها قدرة على إنتاج مثل هذه المركبات ذات التأثير الساحر وضمها ضمن تواليف جينية في كائنات متوفرة، مثل البكتيريا أو الفطريات الغروية والتي تستطيع إنتاجها على المستوى التجاري وبدقة وكفاءة عالية لا تتوفر في أحدث المصانع.

نتيجة الصيد الجائر والتلوث البيئي وسد مناطق التفريخ الطبيعية، فقد قدم التطور العلمي بكل إمكاناته المتقدمة علم جديد يبشر بزراعة البحار وجني ثمارها من أطايب الطعام،

وهذا العلم هو علم الزراعة المائية **Aquaculture** وهو الامتداد الجديد لترويض الإنسان لبيئته، والزراعة المائية ذاتها ليست وافدًا جديدًا، فزراعة الأسماك بدأت منذ آلاف السنين في الصين ومصر، ويبلغ حجم الإنتاج العالمي من المزارع السمكية ما يقدر بـــ **6** ملايين طن سنويًا، وتعتبر الأغذية البحرية مصدرًا رخيصًا من مصادر البروتين وتحتوي على كمية أقل من الكوليسترول تجعها أكثر جاذبية من الناحية الصحية، وتظهر المصاعب في عملية الاستزراع المائي عندما يحاول العلماء اعتراض دورة الحياة الطبيعية للحيوانات المائية التي تمتلك مراحل نمو معقدة، لذا تم اللجوء إلى الانتقاء الوراثي لمضاعفة معدلات النمو والإنتاج ويمنح مقاومة عالية ضد الأمراض، ولا تكتفي الثورة الزرقاء باستثمار الحيوانات البحرية بل يتم استزراع أنواع من أعشاب البحار وتحويلها لعلف الماشية ولإنتاج الغاز الطبيعي، بل ومن استخدامات هذه النباتات البحرية الجديدة التخلص من التلوث فيوجد عديد من النباتات المائية ثبتت قدرتها العالية على تحمل البيئات الملوثة بل والتخلص من المواد

السامة مثل المعادن الثقيلة، وباستخدام كل هذه المميزات معًا وبإحداث التطور الوراثي في تلك الكائنات يمكن الوصول لبحار نقية منتجة كما أرادها الله في الأعوام القليلة القادمة.

الفصل التاسع

البيوتكنولوجيا في مجال الزراعة

لعل أكبر خطيئة ارتكبت في حق الحياة هي استعمال النيترات والأسمدة الكيماوية في الزراعة وتربية الماشية واستخدام المبيدات، وهذا خوفًا من أن يعاني الغرب الصناعي أزمة بطالة مماثلة لما سبقت الحرب،

وقد اكتشف تجار الحروب أن النيترات التي توضع في القذيفة شبيهة بالموجودة بالتربة، فبدأت ما تدعى بالثورة الزراعية، بحيث أصبحت الأرض تطرح كميات أكبر من المحاصيل وأمكن الزراعة في غير المواسم المناسبة، ثم القطف قبل الأوان دون الاهتمام بمضمونها السام، وفي غياب الغذاء الناجح كما هو حالنا اليوم يختل عمل الخلية، وتبدأ المرحلة المضادة للنمو: مرحلة الشيخوخة باختصار موت الخلايا الصحيحة واستبدالها بخلايا مريضة بفعل سوء التغذية، والخلايا المريضة تعني الجسد المريض، تعني أمراض السكر والسرطان وارتفاع الضغط والسمنة المفرطة والروماتيزم وأمراض القلب العصرية وسائر أمراض الجهاز العصبي، واضمحلال الطاقة الكلية، إذًا اختياراتنا غير الحكيمة هي التي أودت بصحتنا الجسدية والعقلية والنفسية والروحية إلى الهاوية الحالية.

ومن أهم المشكلات والتي تتفرع منها العديد من المشاكل والتي تعتبر من أهم العوامل المسببة لاستنزاف الموارد الطبيعية هي مشكلة التزايد

السكاني، ومن الناحية الزراعية كان التفكير السائد هو زيادة الرقعة الزراعية ونتيجة عدم توفر المياه في القرن القادم بدأ التفكير في العمل على الزيادة الرأسية للفدان، وهنا لا بد من معرفة ما هي الزيادة الرأسية، وهي تعني زيادة الإنتاجية لمحصول ما بالنسبة لوحدة الفدان، وبات التفكير يتجه نحو إنتاج سلالات وتقاوي لها خاصية الإنتاجية العالية، وذلك باستخدام علم الهندسة الوراثية وإحداث التغيرات الجينية والمناسبة لزيادة القدرة الإنتاجية لمحصول ما مثل الذرة والقمح والأرز، ولقد بدأ بالفعل إنتاج أنواع محسنة من تلك المحاصيل في صورة تقاوي محسنة جينيًا تزيد إنتاجية الفدان لعدة أضعاف من السلالات القديمة. وإن كان احتياجات الزراعة الجديدة قد تؤثر على التربة لذا لزم علينا استخدام الأسمدة المتنوعة لمد الأرض باحتياجات المحاصيل في صورة تقاوي محسنة جينيًا تزيد إنتاجية الفدان لعدة أضعاف من السلالات القديمة، وإن كانت احتياجات الزراعة الجديدة قد تؤثر على التربة لذا لزم علينا استخدام الأسمدة المتنوعة لمد الأرض باحتياجات المحاصيل المختلفة.

ونتيجة ثقب الأوزون تعرضت النباتات الاقتصادية تعرضًا شديدًا للأذى من تزايد التعرض للأشعة فوق البنفسجية وقد قدر النقص في بعض هذه المحاصيل **20 -30%** من الإنتاج الحالي، وثبت أن هذه الأشعة تعمل على تدمير المادة الوراثية في الخلية النباتية (د. ن. أ) بالإضافة لتحطيم قدرة النباتات على إنتاج مادة الكلوروفيل مما يؤدي لهلاك النباتات.

الثورة الخضراء

استخدمت خلال الستينيات هذه الأنواع الجديدة من الحبوب في أجزاء أخرى من العالم، وتأكد فيما بعد أنها أسهمت في زيادة غلة المحاصيل زيادة ملموسة، وفي منتصف الستينيات،

ابتكر تعبير "الثورة الخضراء" للدلالة على مختلف الجهود التي بذلت لزيادة الإنتاج الزراعي في الدول النامية عن طريق استخدام هذه السلالات الجديدة، لا سيما سلالات القمح والأرز، وأتاح التزاوج بين السلالات المختلفة والسلالات المحلية القوية إنتاج سلالات اصطناعية أفضل في النسب وأعلى عائدًا، وامتدت الدراسات وطرق التهجين لتشمل كل من الغلال والحبوب والعديد من المحاصيل الغذائية المختلفة وكذلك الدخان، ولقد أدخلت السلالات الجديدة من بذور القمح في الهند في سنة **1969**م، فتضاعف إنتاج القمح هناك في **1971**م فبلغ **23,4** مليون طن على نفس المساحة المتزرعة وبتطور الدراسات والجهود على المستوى المحلي لتحسين سلالات الحبوب ارتفع إنتاج القمح إلى **33** مليون طن عام **1980**م، وفي نهاية السبعينيات حققت الهند الاكتفاء الذاتي في القمح بعد أن كانت الثانية بين أكثر دول العالم استيرادًا للحبوب في سنة **1966**م.

ومن المعتقد عمومًا أن للبيوتكنولوجيا مستقبلًا عظيمًا في البلاد النامية وخاصة من حيث تطبيقاتها في المجالات الزراعية، ولكن لا ينبغي أن يغيب عن البال أن التقدم في هذا المجال تكتنفه مخاطر يجب أن تتخذ إزاءها كل التدابير الوقائية الممكنة، لقد كانت "الثورة الخضراء" التي حققت جل أهدافها الطموحة، باستخدام السلالات المحسنة والعالية الإنتاج إلى تحقيق الاكتفاء الذاتي لعدد من الدول النامية مثل بنجلاديش والهند.

ولكن ترتب عليه عدد من العواقب الاجتماعية غير المتوقعة، ذلك أن زراعة الحبوب ذات الغلة العالية تتطلب استثمارات هائلة في المخصبات ومبيدات الآفات والري ليس بوسع الكثير من الفلاحين المزارعين أن يخوضوا غمارها، ونتج عن ذلك أن كثيرًا منهم آلت أرضهم إلى كبار الملاك واضطروا إلى النزوح إلى المدينة لتتضخم بهم أعداد الطبقة دون الكادحة، ومن الأمثلة الأخرى للآثار الاجتماعية والاقتصادية العنيفة للبيوتكنولوجيا ما لحق بأسعار السكر مؤخرًا من انهيار، وترتب إلى حد كبير على إنتاج الأيزوجلوكوز في الولايات المتحدة وأدى إلى إفلاس عدد من البلاد المدارية والتي ينهض اقتصادها على قصب السكر، ويمكن تلخيص أهداف البيوتكنولوجيا في مجال الزراعة إلى:

1- **زيادة الإنتاج الأول**: بتحسين إنتاجية النباتات بالنسبة للمساحة المزروعة.

2- **إنتاج سلالات مقاومة للآفات** لتقليل استخدام المبيدات والحفاظ على البيئة.

3- **التحول البيولوجي**: للمنتجات الزراعية والنفايات إلى مصادر للطاقة والغذاء.

طرق تحسين النباتات:

إن تحسين النباتات بطرق الانتقاء والتهجين التقليدية قديم قدم الزراعة ذاتها، وبفضل ما أحرز من تقدم في معارف علم الوراثة وفسيولوجيا النبات صقلت هذه الطرق وسوف تظل طويلًا تأتي بنتائج بالغة الأهمية، من ذلك مثلًا أنه في الثلاثين سنة الأخيرة ارتفعت غلة الذرة من 3 إلى 6 أضعاف للهكتار الواحد.

والهدف الرئيس الثاني للانتقاء بعد تحسين الغلة هو الحصول على أصناف جديدة قادرة على مقاومة الطفيليات والأمراض البكتيرية والفيروسية، وقد ظهرت في السنوات الأخيرة عدد من التقنيات الجديدة يستخدم بعضها بالفعل ولا يزال بعضها الآخر يمر بمرحلة الاختبار، ومن أهدافها الرئيسة التقليل إلى حد كبير من الوقت اللازم لعرض صنف جديد في الأسواق وزراعته على نطاق واسع، فهذا يتطلب إذا اتبعت الطرق الكلاسيكية انقضاء فترة طولها زهاء العشر سنوات، على حين أنه بالنظر إلى قدرة الممرضات النباتية (البكتيريا والفيروسات وما إلى ذلك

من الممرضات النباتية) على التكيف، تقدر الحياة النافعة للصنف الجديد بما لا يزيد على خمس سنوات.

واحد من الأهداف الأساسية للهندسة الوراثية المستهدفة في مجال الزراعة هو إنتاج سلالات من المحاصيل المقاومة لتأثيرات المبيدات، ولتشعب علوم المبيدات وأنواعها سوف نتكلم وبدون الدخول في كثير من التفاصيل عن مبيدات الحشائش، فمن المعروف أن مبيدات الحشائش مصنفة، بمعنى أن كل نوع من الحشائش له مبيد معين، ولكن المحاصيل الموجودة تضر كما تضر الحشيشة في جميع الأنواع، وإنتاج سلالات من المحاصيل المقاومة لتأثير مبيدات الحشائش يعني استخدام مبيد حشائش غير متخصص لمقاومة كل الحشائش الموجودة في منطقة ما دون تأثر المحصول الرئيس، وهذا مفيد من الناحية البيئية حيث إنه من الأمور الطبيعية رش عدد من الرشات من مبيدات الحشائش المختلفة لمقاومة كل الأنواع المنتشرة من الحشائش، وهناك عدد من الأفكار لإنتاج مثل هذه الأنواع من المحاصيل المقاومة منها:

1- عمل بعض التحوير في التركيب للإنزيم المستهدف من قبل مبيدات الحشائش.

2- عمل تحوير في النظام الإنزيمي لكسر تأثير المبيد عند نقطة معينة.

3- إضافة نظام إنزيمي حيوي مضاد للتركيب الفراغي للمبيد داخل النبات.

ولكن هناك بعض الآراء المناقضة لهذا النوع من التجارب ويمكن تلخيصها في:

1- إعطاء نسبة أمان عالية للمزارع من ناحية استخدام المبيدات الحشائشية يعني الإسراف في استخدامها دون الأخذ في الاعتبار بالتلوث البيئي.

2- احتمال أن المحاصيل التي سوف تمتلك خاصية المقاومة للمبيدات سوف تنقل مقاومتها الجينية إلى أنواع من الحشائش المحيطة.

ولتعدد أنواع المبيدات المستخدمة في مجال مقاومة الحشائش سوف نذكر أمثلة بسيطة:

1- مركب **Glyphosate** ينتج بواسطة شركة **Monsonto** وهذا الإنزيم له تأثير موقف لعمليات تخليق الأحماض الأمينية، وقد تم زرع جينات تنتج إنزيمات مقاومة لفعل المبيد داخل النبات، وبالتالي يكون النبات مقاوم لفعل أو تأثير المبيد.

2- مركب **Dica Citecayxonehporolhcid 2,4** من المركبات المشهورة بفعلها الهرموني وقدرتها على إحداث تشوهات في نمو الحشائش عريضة الأوراق، وقد تم إنتاج محاصيل مقاومة لفعل هذا المبيد الهرموني بإدخال جينات بكتيرية لها القدرة على تحطيم المبيد داخل هذه المحاصيل المقاومة.

3- المركبات من مجموعة **Triazines**: وهي مركبات تحدث خلل في التخليق الضوئي بواسطة الارتباط المباشر ببروتين هام في هذه العملية وهو يسمى **Qb** في **Chloroplast** الجزء الخضري بالخلية، وقد تم بنجاح إنتاج أنواع من المحاصيل بها تحور في التركيب الفراغي لهذا البروتين بحيث يصعب حدوث ارتباط بينه وبين المبيد. ويوجد اتجاه جديد حاليًا لإنتاج سلالة من المحاصيل لها نظام إنزيمي لتحطيم المبيد داخل المحصول.

ويعتمد تكوين مثل هذه المحاصيل المقاومة لفعل الآفات الضارة على عدة أفكار منها:

1- معرفة الجينات الموجودة في النباتات المقاومة للآفات ونقلها للمحاصيل الزراعية ذات العائد الاقتصادي والغير مقاومة للآفات، حيث يتم عملية تبديل الجين المسئول عن المقاومة بالنبات بالجين المستهدف في المحاصيل.

2- إضافة جين جديد للمحاصيل النباتية، وهي مفيدة في حالة الآفات التي تحدث تغير خارجي فقط في المحاصيل مثل الآفات الآكلة لأوراق المحاصيل ولا تحدث تغير في الكيمياء الحيوية الداخلية للنبات، حيث قامت شركة كالوجين بعمل بعض السلالات المقاومة لنبات الدخان، كما قامت شركة مونساتو بعمل بعض السلالات المقاومة لمحصول الطماطم.

3- إضافة إنزيم ينشط بمهاجمة الحشرات، ومن هذه الإنزيمات تحت التجربة إنزيم الكيتينيز **Chitinase** ، ومادة الكيتين هي مادة تمثل العمود الفقري في الحشرات، ويقوم هذا الإنزيم بتحليلها.

التكنولوجيات الحيوية بين الوعود والأداء:

وقد أحرزت أولى النجاحات الكبرى بطريق (التهجين الإنباتي) لنبات الحبوب، وتتميز هذه الطريقة التي تقتضي تهجين نباتات بعد تجريدها من قدرتها على التلقيح الخلطي، مثل الذرة حيث أعضاء الذكورة منفصلة عن أعضاء الأنوثة، ومن ثم يمكن إزالتها يدويًا قبل حدوث الإخصاب، وهي أكثر صعوبة في حالة النباتات ذات التلقيح الذاتي، حيث توجد أعضاء الذكورة وأعضاء الأنوثة جنبًا إلى جنب داخل الزهرة، وقد ذللت هذه الصعوبة اليوم بعد أن اكتشفت مركبات كيميائية تعقم غبار الطلع، ويمكن القول عمومًا بأنه ينبغي ألا يبذر في الحقول إلا الجيل الأول من البذور الهجين. ذلك أن البذور الهجين تنزع عادة إلى التدهور ويتعين تجديدها سنويًا.

ومن التقنيات الأخرى التكاثر الإنباتي في أنابيب الاختبار أو التكاثر الدقيق الذي يتم بزرع البوارض أو غيرها من الأنسجة النباتية ويطلق اسم البارضة على مجموعة من الخلايا الجينية التي تقع عند طرف سويقة النبات، وهي عندما تزرع في ظروف معقمة على وسط جامد ومغذٍ تتوالد بالتبرعم منتجة نباتات يمكن تقسيمها واستنساخها مرات عديدة، وعندما تعالج هذه النباتات المهجنة المتماثلة بهرمونات نباتية (أوكسينات وسايتوكينينات وجيرلينا)، تتمايز إلى نباتات كاملة تحمل كل خصائص النبات الأصلي.

وبهذه الوسيلة يتسنى الحصول في فترة مدها ثمانية أشهر على ألفي مليون درنة بطاطس منتشرة على مساحة قدرها أربعون هكتارًا، من درنة واحدة مشتقة من بارضة، ويمثل ذلك معدل تكاثر يفوق معدل التكاثر الجنسي مائة ألف مرة، وهي تنطوي على ميزة أخرى هي أن النباتات التي يحصل عليها من البوارض خالية من الملوثات الممرضة، ولا سيما الفيروسات، الأمر الذي يتيح تجديد سلالة يتهددها الانقراض نتيجة للأمراض التي لا يمكن علاجها بأي طريقة أخرى.

وينطوي التكاثر الدقيق على نفع كثير بالنسبة للزراعة المدارية، من ذلك مثلًا أن نخلة زيت واحدة ناشئة من قطعة من نسيج ورق النخل يمكنها في غضون عام أن تنتج خمسمائة ألف نخلة متماثلة وقادرة على مقاومة داء الفيلايا (الخيطيات)، وعلى أن تنتج سنويًا ستة أطنان للهكتار، أي ما يتراوح بين ستة أضعاف إلى ثلاثين ضعف ما تنتجه أهم النباتات المنتجة للزيت (عباد الشمس، فول الصويا، الفول السوداني).

وثمة تقنية أخرى تبشر بخير كثير في المستقبل هي إنتاج النبات أحادية الصبغيات (نبات تحتوي خلاياه على مجموعة واحدة من الصبغيات) في أنابيب الاختبار، فثنائية الصبغيات التي تتسم بها النباتات الإنباتية والتي تزيد طرق الانتقاء التقليدية تعقيدًا وتطيل الوقت الذي تتطلبه بالنظر إلى أن الخلايا التي تتكون منها تشتمل على مجموعتين تأتي كل مجموعة منهما من أحد الأبوين، ويترتب على ذلك أن إحدى الخصائص التي توصف بأنها (متنحية) (**Recessive**)، والتي تحملها

الصبغية قد تحجبها صبغية مماثلة سائدة، ولا يكتشف وجودها إلا عن طريق عملية فصل مندلية (نسبة للعالم جريجور يوهان مندل) بعدة أجيال.

ويفضي ذلك بطبيعة الحال إلى إبطاء عمل الشخص الذي يضطلع بعملية الانتقاء، وقد ترتب على نشوء تنقية قريبة العهد ومماثلة بعض الشيء للتكاثر الدقيق إلى تذليل هذه الصعوبة. وتتيح هذه التقنية الحصول على نبات كامل إما من أعراس مذكرة (خلايا جرثومية ناضجة تكون فردًا جديدًا إذا اتحدت بنظيرتها) أو منتجة (**Androgenesis**)، أو من أعراس أنثوية (**Gynogenesis**) وهذه النباتات نباتات أحادية الصبغيات شأنها شأن الأعراس التي اشتقت منها، وبالنظر إلى أنه ليست لها سوى مجموعة واحدة من الصبغيات فإن خصائصها الجينية، متنحية كانت أم سائدة، تكون واضحة للعيان أمام الشخص الذي يقوم بعملية الانتقاء. والنباتات الأحادية الصبغيات تكون عادة عقيمة ولكن معالجتها بالكولشيسين، الذي يستحث تضاعف الخلايا، تنتج نباتًا خصبًا له مجموعتان من الصبغيات المتطابقة وله خصائص ظاهرية ثابتة، ومن التقنيات الأخرى المستخدمة في عملية الإنبات من الأعراس الأنثوية إخصاب البويضة بغبار الطلع المشع.

وتعقد أيضًا آمال كبيرة على (التهجين الجسدي)، وهي تقنية قوامها دمج خليتين بعد إزالة جدرانهما عن طريق معالجتهما بالإنزيمات، وبفضلها نجح العلماء في دمج خلايا نباتية لا مع خلايا نباتية أخرى فحسب ولكن مع خلايا حيوانية بل وخلايا بشرية أيضًا، غير أن الذي

يحدث في معظم الحالات هو أن صبغيات إحدى الخليتين المدمجتين سرعان ما تزال ولا يتسنى الحصول على خلايا هجينة كاملة وثابتة إلا بدمج خليتين من نوعين بينهما صلة وثيقة للغاية، يضاف إلى ذلك أنه حتى في حالة الحصول على سلالة ثابتة يتعذر توليد نبات كامل من مثل هذه الخلايا المدمجة، وكان أول نجاح يحرز في هذا الاتجاه توليد الطماطم (**Pomato**) وهو هجين من الطماطم والبطاطس، غير أنه نبات عقيم لم يزل في عداد الطرائف المختبرية.

والميزة الكبرى للتهجين الجسدي هي أنه لا يتيح فحسب نقل الصفات الجينية التي تحملها صبغيات النواة، وإنما يتيح أيضًا نقل صفات الأجزاء المتخصصة من النواة والتي تحملها الهيولي (جزء الخلية "السائل" المحيط بالنواة) والتي يذكر منها المتقدرات (**Mitochondria**) والصوانع الخضراء (**Chloroplasta**) ، ولهذه الأخيرة دور أساسي في عمليات وخواص بالغة الأهمية يذكر منها التخليق الضوئي وتمثل ثاني أكسيد الكربون والعقم الذكري ومقاومة مبيدات الأعشاب والأمراض والجفاف.

وقد مهد التهجين الجسدي السبيل لنشوء تخصص جديد في مجال الهندسة الجينية النباتية يعني بغرس جينات خاصة تنتمي أو لا تنتمي إلى أصل نباتي في التركيب الجيني لنبات ما، ومن أمثلة الفوائد التي أسفر عنها استخدام هذه التقنيات تحسين القيمة الغذائية للفاصوليا، بنقل جينة من جوز البرازيل إليها.

بلغت أساليب استنساخ النباتات مستوى من التقدم بحيث يمكن زراعة خلية مقتطعة من جسم نبات ما في المختبر ثم حثها على توليد نبات مكتمل، وتبدأ العملية بأخذ عدد من الوريقات الطرفية من نبات البطاطس، وتوضع الوريقات في محلول يحتوي على مجموعة من الإنزيمات التي تؤدي إلى إذابة الجدران الخارجية للخلايا، فتصبح هذه الخلايا بروتوبلاستات، كما يدفع المحلول البروتوبلاستات إلى التراجع عن جدران الخلايا وإلى أن تصبح كروية، وهو بذلك يحميها من التحلل الذي يصيب الجدران، ثم توضع البروتوبلاستات في وسط زراعي، حيث تنقسم وتبدأ في تشكيل جدران لخلايا جديدة، وبعد أسبوعين من الزراعة في ظل هذه الظروف، ينتج عن كل بروتوبلاست كتلة من الخلايا غير المتمايزة أو الدشيدات الصغيرة، وتنمو هذه الدشيدات وتكتمل في وسط زراعي آخر، وتبدأ خلاياها في التمايز فيتكون من ثم برعم أولي، ويتحول البرعم إلى نبات صغير له جذور في وسط زراعي ثالث ثم يغرس في التربة، ومن الممكن في ظل الظروف المناسبة دمج بروتوبلاستين من نباتين مختلفين فتتكون خلية تجمع بين جينات النباتين، وبذلك يمكن الجمع بين جينات النباتات التي يتعذر تزاوجها بالأساليب التقليدية، ومن الممكن بفضل عملية تسمى التهجين الجسدي (**Somatic Hydridization**) دمج البروتوبلاستات وتنميتها بحيث تصبح نباتات تمتزج فيها خواص النباتات الأصلية، وسوف نأخذ مثل من هجين يطلق عليه غذاء الحقبة القادمة في الدول المتنامية.

نبات القمحليم

استؤنست معظم محاصيل الغذاء المعروفة في العالم قبل حوالي 3000 عام، أما الآن فتوجد محاصيل غذائية جديدة يمكن اعتبارها من صنع الإنسان، وهي ذات قيمة غذائية واقتصادية كبيرة ومن بينهم القمحليم...

فما هو؟ القمحليم Triticele الذي طور قبل ما يزيد على 100 عام، وهو هجين ناتج عن تزاوج نوعين من محاصيل الغذاء الأول هو القمح Triticum (كأم)، أما الثاني فهو الشليم Cecale (كأب) ، والهجين أخذ صفات جودة الحبوب من الأم (القمح) أما الأب فقد منحة المقاومة تجاه الأمراض، كما منحه قوة النمو تحت الظروف المناخية القاسية من برودة وصقيع في الشتاء وجفاف في الصيف، وتبدأ قصة هذا النبات منذ عام 1876م عندما قام العالم ألكسندر ستيفان ويلسون داخل بيت زجاجي بنقل حبوب الطلع من نبات الشليم واستخدامها لتلقيح أزهار القمح، ولكن أنتج نباتًا عقيمًا، ولقد حدثت القفزة العلمية في إنتاج هجن القمحليم في عام 1937م مع اكتشاف مادة الكولشيسين وهي مادة كيميائية طبيعية تستخرج من كرومات نبات سورنجان الخريف Colchicum antumnale والذي تم اكتشافه عام 1889م وتؤدي معاملة البادرات الناتجة من تهجين القمح مع الشليم بمادة الكولشيسين إلى تضاعف عدد الكروموسومات في الخلايا المنقسمة،

وبالتالي يتم التغلب على مشكلة العقم المتلازمة مع نبات القمحليم، وتبلغ نسبة البروتين في حبوب القمحليم **12– 16%** من مجمل الوزن، وإضافة لذلك فإن نوع البروتين بنبات القمحليم أغنى في كل من الحامض الأميني لايسين والثيرونين.

تثبيت النيتروجين:

تسهم اليونسكو من خلال الشبكة العالمية لمراكز موارد الأحياء الدقيقة (ميرسن) التي تكرس أحد برامجها ذات الأولوية لمسألة تثبيت النيتروجين، بقسط وافر في مجال آخر من مجالات البيوتكنولوجيا يبشر بنفع عظيم.

وقد أمكن حتى الآن تحديد الجينات نيف المرمزة لتثبيت النيتروجين وأصبحنا على وشك رسم جميع معالم بنيتها، وفضلًا عن ذلك فقد تم نقل هذه الجينات إلى كائنات حية غير مثبتة للنيتروجين يذكر منها **Proteus vulgaris** والــ **Agrobacterium tumefaciens** والــ **Escherichia** وليس ثمة من سبب، من حيث المبدأ، يمنع من نقلها إلى نباتات أعلى، ويمكننا أن نتوقع إحراز نتائج هامة في هذا المضمار عما قريب، غير أن إيجاد حبوب مثبتة للنيتروجين لا يزال حلمًا يراود النفوس وينتمي إلى عالم الخيال العلمي.

وفيما يتعلق بما عدا البقول من نباتات يركز الانتباه الآن على تثبيت النيتروجين بالبكتيريا والفطريات التي تغزو جذورها فتستقر على

السطح، أو تنفذ إلى داخل الأنسجة حيث تكون عقيدات مثبتة للنيتروجين.

ولم تبلغ هذه الدراسات بعد مرحلة بيولوجيا الجزيئات أو الهندسة الجينية، ولكنها تحمل في طياتها آمالًا كبارًا بالنسبة للجراحة المدارية وتثبيت الكثبان الرملية ومكافحة التصحر.

الخطر المستحدث:

إن المتتبع لنشاط بعض المعالجات "البيوتكنولوجية" لمشاكل تلوث البيئة، سواء منها ما تم إنجازه أو تلك التي ينتظر إنجازها خلال السنوات القليلة القادمة، يلمح بوضوح مدى النجاح الذي حالف بعض هذه المعالجات، حينما سايرت قوانين الطبيعة الغالبة ولم تتصادم معها، ولكن تصاعدت اعتراضات عارمة غريبة في تصورها ممكنة الحدوث، ألا وهي أن تلك الأنواع المستحدثة في البيئة من البكتيريا، قد تحدث اختلال في التوازن البيئي بصورة أسرع وأعنف من التلوث الكيميائي، ويحدث اختلال في الانتخاب الطبيعي وتسود مثل هذه السلالات في المستقبل، وخاصة أنها الوحيدة القادرة على تحمل الملوثات، ويحدث انقراض لأنواع عديدة أخرى من الكائنات الدقيقة. مما قد يؤثر على شكل الحياة على وجه العموم على كوكبنا، وبذا يكون تحريم أو قفل مصنع أو عدة مصانع أسهل بكثير من تربية وحوش صغيرة ذات قدرة افتراسية عالية، ودعونا نتساءل في صدق وإخلاص مع أنفسنا... هل لدينا القدرة على حل

واستيعاب المشاكل التي يمكن حدوثها من هذه السلالات؟ هل يمكن أن نعيش في حياة ذات أنماط جديدة من الحياة؟ هل سيحدث تطور غير مرغوب في تلك السلالات؟ هل يمكن حصار مثل هذه الأشكال من الحياة والتخلص منها؟ إنها أسئلة لا نهائية لضيق علمنا مهما وصلنا من علم بالمستقبل وما سوف يتم به... إنها حلول تسبب خوفًا أكثر في المستقبل على البيئة...

وفي معامل الهندسة الوراثية النباتية، حذر العلماء من احتمالات قيام الكائنات الدقيقة المعدلة في التوصيف الوراثي بنقل مثل هذه التعديلات الجينية التي اكتسبتها إلى نباتات أخرى ومنها بالطبع بعض النباتات الضارة، الأمر الذي سوف يساهم ويتسبب في انتشار صفات وراثية غير معروفة ولكنها مقلقة... ويرى البعض أن هذه الاحتمالات صعبة الحدوث... ، ونترك للوقت والزمن ليقول كلمته وأرجو أن تكون في صالح الإنسان، وإن كانت ليست هناك أي ضمانات في تلك المجالات، ولقد بات المتشددون يسرحون بفكرهم بأنه يمكن في المستقبل عمل تزاوج ميكروبي مكتسب يتسبب في إنتاج أنواع شرسة لها اليد العليا على البيئة.

ونأتي لرأي جريء لديفيد بالتيمور الحائز على جائزة نوبل الذي يرى أن الأنواع المستنبطة بطرق الهندسة الوراثية هي كائنات ضعيفة عن الكائنات الدقيقة الطبيعية التي وجدت منذ آلاف السنين، والتي اكتسبت خلالها وسائل متنوعة للتكيف مع الظروف البيئية المعاكسة، ومهما كان

التلوث الكيميائي له أضرار فقد أمكن للبيئة والإنسان تحملها للآن إلا أن تحول تلك الوحوش التي نستنبطها حاليًا ضدنا فهي الموت المحقق لكوكبنا... والله المستعان على ما يصفون.

المراجع الإنـجليزية:

- Alberts, B., Bray D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Watsone J.D. 1985. Molecular biology of the cell. Garland Publ., Inc., New York & London.
- Anderson, J. K. 1982 «Genetic Engineering», Zondervan Publishing House, Michigan.
- Arditti, 1984. Test-tube Women-What future for motherhood ? Pandora Press, London.
- Beins W. 1993. Biotechnology from A to Z. Oxford University Press. Oxford New York, Tokyo, pp. 358.
- Endenberg, H. J., Hubeman, J. A. 1975. Eukeryotic chromosome replication. Annu. Rev. Genet. 9: 245- 284.
- Halpern, D. Hayes, S. P., Leetmaa, A., Hassen, D. V., and Philander, S. G. 1983. Oceanographic observations of the 1982 warming of the tropical eastern Pacific. Science, 221: 1173- 75.
- Heezen, B. C., and Hollister, C. D. 1971. The face of The deep, New York end London: Oxford University Press.
- Howerd- Flanders, P. (1981). Inducible repair of DNA. Sci. Am. 245 (5): 72- 80.
- Radding, C.M. 1978. Genetic recombination: strand transfer and mismatch repair. Annu. Re. Biochem. 47: 47- 361.

- **Stowe, K. 1983. Ocean Science. 2nd ed. New York,: Wiley. 52.**
- **Yoxen, E. 1983. The gene business, Pan Books Ltd., London.**

المراجع العربية:

– د. أحمد عبد الوهاب عبد الجواد: القمامة، دائرة المعارف البيئية، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، **1991**م.

– د. فؤاد زكريا: التفكير العلمي ، سلسة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، **1978**م.

– د. عبد المحسن صالح: التنبؤ العلمي ومستقبل الإنسان ، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، **1981**م.

– د. سعيد محمد الحفار: البيولوجيا ومصير الإنسان ، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، **1984**م.

– د. ناهدة حسن البقصمي: الهندسة الوراثية والأخلاق، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، **1993**م.

– رجب سعد السيد: الأرض... شفاها الله ، سلسلة اقرأ الثقافية: **587**.

–د. محمد صادق العوي:هندسة الصرف الصحي (**2**) ، دار صادق للنشر، **1990**م.

الفهرس

التلوث البيئي

هذا الكتاب :

تزايدت مشاكل البشرية البيئية خلال الحقب الأخيرة بمعدلات كبيرة ومتفاوتة ، ولكن هناك مشكلات عامة مثل اختلال التوازنات الطبيعية والجهل بالتعامل الاطلاقي مع الموارد الطبيعية ومشكلة التزايد السكاني ومشكلة التلوث البيئي (الماء والهواء والغذاء) ، واضمحلال طبقة الأوزون إن تركتنا من هذا القرن تركة ثقيلة، ولكن أسباب هذه التركة قد أقمناها بأيدينا، فنتيجة نقل التكنولوجيا الصناعية مثلًا، دون الإلمام الجيد بهذه التكنولوجيا أدى لحدوث التلوث الصناعي بصور ومعدلات متزايدة وخطيرة، ولكن لو ناقشنا ثقب الأوزون فهو نتيجة عامة للتكنولوجيا الصناعية والزراعية على مستوى العالم.

من هنا ، فيحتم علينا ضميرنا أن نقف وقفة تأمل محاولين حل المشاكل المحيطة ، ولو بدرجة تمنع تزايدها إن لم تكن تقللها بدرجات كبيرة ولكن متفاوتة.